ونتسکی

شیمی برای همه

فلزات کمیاب

بنگاه نشریات میر

ونتسکی

شیمی برای همه

فلزات کمیاب

بنگاه نشریات «میر»
مسکو

на персидском языке

© حق چاپ محفوظ و مخصوص
بنگاه نشریات «میر» است

بسیاری از دانشمندان و مهندسین اولین قدمهایشان را در راه رسیدن به‌قلهٔ علم و دانش تحت تاثیر ادبیات عمومی دربارهٔ علوم برمی‌دارند . من ایمان راسخ دارم که این کتاب به‌بسیاری از جوانان در انتخاب قاطع راه آینده‌شان کمک خواهد کرد .

از مقدمه کتـاب

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
دربارهٔ کتاب	۵
فصل اول : گالیم (پیروزی یک قانون بزرگ)	۹
فصل دوم : روبیدیم (یک چیز عجیب)	۳۱
فصل سوم : استرنسیم (راز کاهنهای بنگال)	۴۹
فصل چهارم : ایتریم (کشفی در یک معدن متروکه)	۶۷
فصل پنجم : تکنسیم (دایناسور زنده شده)	۸۵
فصل ششم : پالادیم (شوخی یک دانشمند انگلیسی)	۱۰۳
فصل هفتم : کادمیم (نامی به‌خاطر کادموس قهرمان افسانهٔ فنیقی)	۱۲۱
فصل هشتم : ایندیم (عضو سرزمین عجایب)	۱۴۳
فصل نهم : آنتیموان (حادثه‌ای در صومعه)	۱۵۷
فصل دهم : سزیم (دوآبی بیگانه)	۱۷۵
فصل یازدهم : باریم (خوشبختی یک کفاش بولوگنا)	۱۹۳
فصل دوازدهم : هافنیم (فقط یک رد پا)	۲۱۳
فصل سیزدهم : رنیم (راز پس‌مانده‌های کارخانه)	۲۲۹
فصل چهاردهم : اسمیم (توهین به‌فلزات اصیل)	۲۴۵
فصل پانزدهم : ایریدیم (تمام رنگهای رنگین‌کمان)	۲۶۱
فصل شانزدهم : تالیم (نهال درحال جوانه‌زدن)	۲۷۷

عنوان	صفحه

فصل هفدهم : بیسموت (یک ماموریت در فضا) ۲۹۱

فصل هیجدهم : فرانسیم (کمیاب‌ترین کمیاب‌ها) ۳۱۱

فصل نوزدهم : رادیوم (تشعشع دائمی) ۳۲۷

MATH75.IR

درباره کتاب

عصر ما عصر باورنکردنی پیروزی بر موانع علم و تکنولوژیست : بشر به‌فضا دست‌یافته، انرژی اتمی هسته‌ها را بکار گرفته، کامپیوتر ساخته و راز زندگی سلول را کشف کرده است.

علم و پیشرفت تمدن بشری هر روز عرصه‌های نوین و شگفت‌آوری را به‌ارمغان می‌آورد، اما یکی از قدیمی‌ترین و در عین‌حال شگفت‌انگیز‌ترین عرصه‌های فعالیت بشر، رشتهٔ متالوژیست، عرصهٔ تولید و کاربرد فلزات و آلیاژها.

بشر در ابتدای تمدن فقط با تعداد کمی از فلزات آشنائی داشت، اما با گذشت قرنها و کشف عناصر جدید، حیطهٔ بهره‌دهی و بکارگیری فلزات هرچه بیشتر توسعه یافت. دانشمندان و مهندسین برای کشف و شناخت برخی از فلزات وقت زیادی صرف نکردند و در مورد بعضی دیگر فلزات سالها طول کشید تا بکار برده شوند. دلایل معتبری برای "بیکاری" این دسته از فلزات وجود دارد : اولا" حجم بسیاری از آنهادرپوسته‌زمین‌بسیارناچیزاست‌وبدین‌جهت‌استخراج‌آنهابی‌نهایت‌مشکل می‌باشد. بعضی‌ازآنهاهیچ‌مادهٔ‌معدنی‌مخصوص‌بخودندارند و فقط بصورت ناخالصی‌های‌جزئی درمواد معدنی دیگر بدست می‌آیند. چنین عناصر پراکنده"ای متعلق به‌گروه "کمیاب‌ترین کمیابها" می‌باشند. ثانیا" تا دورهٔ‌معینی معلومات و دانش بشر در مورد اکثر فلزات بسیار کم بود و به این دلیل ما در این کتاب در مورد فلزات کمیاب و تاریخ پیدایش آنها و کاربرد عملی‌شان در صنعت بحث خواهیم کرد.

پیشرفت سریع و برق‌آسای تکنولوژی یکی از مشخصات بارز قرن

بیستم است، قرنی که در آن ابزار و وسایل‌سازی، شیمی، فضانوردی، پرتاب موشک، الکترونیک و انرژی هسته‌ای همه نیاز به‌مواد جدید و جدیدتری با خواص منحصر به‌فرد دارند و این همان چیزی است که دانشمندان را وادار به‌کاوش و تحقیق عمیق‌تر در جهان فلزات کمیاب نمود. مطالعات دقیق دربارهٔ این عناصر "گوشه‌نشین" روشن نمود که بسیاری از آنها کاملا "باستعداد" هستند و از اینرو ورود آنها به‌صنعت شروع گردید.

امروزه هیچ عرصهٔ نوینی از تکنولوژی را بدون وجود فلزات کمیاب، آلیاژها و ترکیباتشان نمی‌توان تصور کرد. به‌عنوان مثال: مفتولهای نازک وسایل بسیار دقیق کشتیرانی از آلیاژهای رنیم ساخته می‌شوند. از گالیم در ساختن مایع "درزگیری" و مهر و موم‌کننده وسایل و تجهیزات ایجاد خلاء، گرماسنجهای درجه حرارتهای بالا و غیره استفاده می‌شود. مهمترین جزء تشکیل‌دهندهٔ فتوسل‌ها که در دستگاههای عیب‌یاب و بعضی از ردیابها، موج‌یابها و دیگر دستگاههای اتوماتیک بکار می‌روند، سزیم است. میله‌های کنترل کنندهٔ رآکتورهای هسته‌ای از هافنیم ساخته می‌شوند. همچنین احتمال دارد هافنیم به‌عنوان یک جزء تشکیل دهندهٔ آلیاژهائی که بر پایهٔ آهن ـ کبالت و یا نیکل ساخته می‌شوند و در درجه حرارتهای تا $2500°F$ نیز مقاوم می‌باشند و در فضانوردی و پرتاب موشک مورد استفاده قرار می‌گیرند، بکار رود. ایندیم، بلبرینگها را از خطر ساییدگی محافظت می‌کند و عمر مفید آنها را افزایش می‌دهد. باید بگوئیم که چنین مثالهائی نامحدودند.

این کتاب دربارهٔ بعضی از عناصر کمیاب، از جمله: عناصری که کمیابترین کمیابها نامیده می‌شوند صحبت می‌کند و می‌تواند به‌عنوان قسمت دوم کتاب "افسانه‌هائی دربارهٔ فلزات" اثر س.ای. ونتسکی

(S.I.Venetsky) به‌حساب آید . (قسمت اول در سال ۱۹۸۱ توسط انتشارات میر مسکو به‌زبان انگلیسی چاپ شد) .

نویسنده در این کتاب از همان اصولی پیروی می‌کند که در کتاب قبلی خود پیروی کرده است . وی علاوه بر اینکه اطلاعات کاملی دربارهٔ عناصر شیمیائی به‌خوانندهٔ کتاب می‌دهد ، حقایق جالب توجهی را از رویدادهای عجیب و غریب و افسانه‌هائی‌در بـــارهٔفلزات کمیاب و مشکلاتی که در سر راه کشف آنها وجود دارد و نیز دربارهٔ جاده‌های تاکنون قدم‌گذاشته شدهٔ دنیای شگفت‌آور فلزات بازگو می‌کند .

کتاب پر از شخصیتهای حقیقی و افسانه‌ای می‌باشد . همراه با بسیاری از دانشمندان برجسته به ناپلئون ، آگاتاکریستی ، کارل کاپک (Karel Capek) و شرلوک هولمز (Sherlock Holmes) اشاره می‌کند . داستانهائی دربارهٔ آنها ، در رابطه با کار بزرگشان درمتالوژی ، فیزیک و شیمی به‌خواننده می‌گوید . به‌پیشرفتهائی که در راه گسترش مراحل نوین ساخت فلزات ، مواد و وسایل و دستگاههای جدید به‌عمل آمده است اشاره می‌کند . از آزمایشات انجام شده در ایستگاه فضائی سالیوت ـ ۶ صحبت می‌کند .

بسیاری از دانشمندان و مهندسین اولین قدمهایشان را در راه رسیدن به‌قلهٔ علم و دانش تحت تاثیر ادبیات عمومی دربارهٔ علوم برمی‌دارند . من ایمان راسخ دارم که این کتاب به‌بسیاری از جوانان در انتخاب قاطع راه آینده‌شان کمک خواهد کرد .

آکادمیسین ا.ف. بلوف (A.F.Bolve)

فصل اول

گالیـــــــــم

(پیروزی یک قانون بزرگ)

Ga

در نتیجه‌گیری عجله نکنید!

اولین قسمت مدرک. ـ طعنهٔ سرنوشت. یک بنفش عجیب. ـ یک بحث علمی. ـ سرنوشتهای مختلف. ـ تبعیض شرم‌آگین. ـ ثروت مخفی‌شده در پس‌مانده‌ها. ـ گالیم در کف دست. ـ آتشی نخواهد بود. ـ لامپها بهتر می‌شوند. ـ یک گریزنده از مرکز. ـ در مقایسه. ـ یک همکار بد. ـ هدایای استثنائی. ـ "نه بیهوده". ـ آزمایشاتی در فضا. ـ چرا خورشید می‌درخشد؟

دیمیتری مندلیف در ماه مارس ۱۸۶۹ قانون تناوب را که در حرکت مطلق عناصر شیمیائی حاکم است کشف کرد، این کشف از طرف بعضی از دانشمندان با برخوردی طعنه‌آمیز و خصومت‌بار مواجه گردید بطوریکه‌حتی‌شیمیدان‌برجسته‌ای‌چون رابرت بنزن *(Robert Bunsen)* یکی از خالقین تجزیهٔ طیفی درخصوص کشف مندلیف این اظهاریهٔ طعنه‌آمیز را بیان داشت: "هرکسی می‌تواند چنین جدولی را رسم کرده و تعدادی ارقام از مجلات رنگین بورس را در آنها جای دهد".

بعدها بنزن می‌بایست به‌اظهاریهٔ نسنجیده و کنایه‌آمیز "بیمار ـ گونه‌اش" تاسف خورده باشد. مندلیف در همان سال ۱۸۶۹ همچنان درصدد اثبات کشف خود بود و با برجستگی و به‌روشنی از عهدهٔ آن برآمد. اهمیت قانون تناوب در این نکته نهفته‌بود که: آن فقط یک قانون کلی نبود که اطلاعات موجود را جمع‌آوری کرده باشد، بلکه اطلاعات نوینی دربارهٔ عناصر شناخته شده و نشده ارائه می‌داد و این اطلاعات کمک فراوانی به‌کشف عناصر جدید نمودند. کشف مندلیف رفته

رفته از یک جدول محدود و کوچک به‌یک جزیرهٔ بزرگ در دریای بیکران علم شیمی برای محققین و کاوشگران تبدیل گردید. بدین ترتیب عناصر جدید ـ آجرهای تشکیل‌دهندهٔ بناهای عالم ـ براساس قانون مندلیف کشف گردید. قانون تناوب مندلیف قادر بود کشف بیش از دهها عنصر جدید را پیشگوئی نماید.

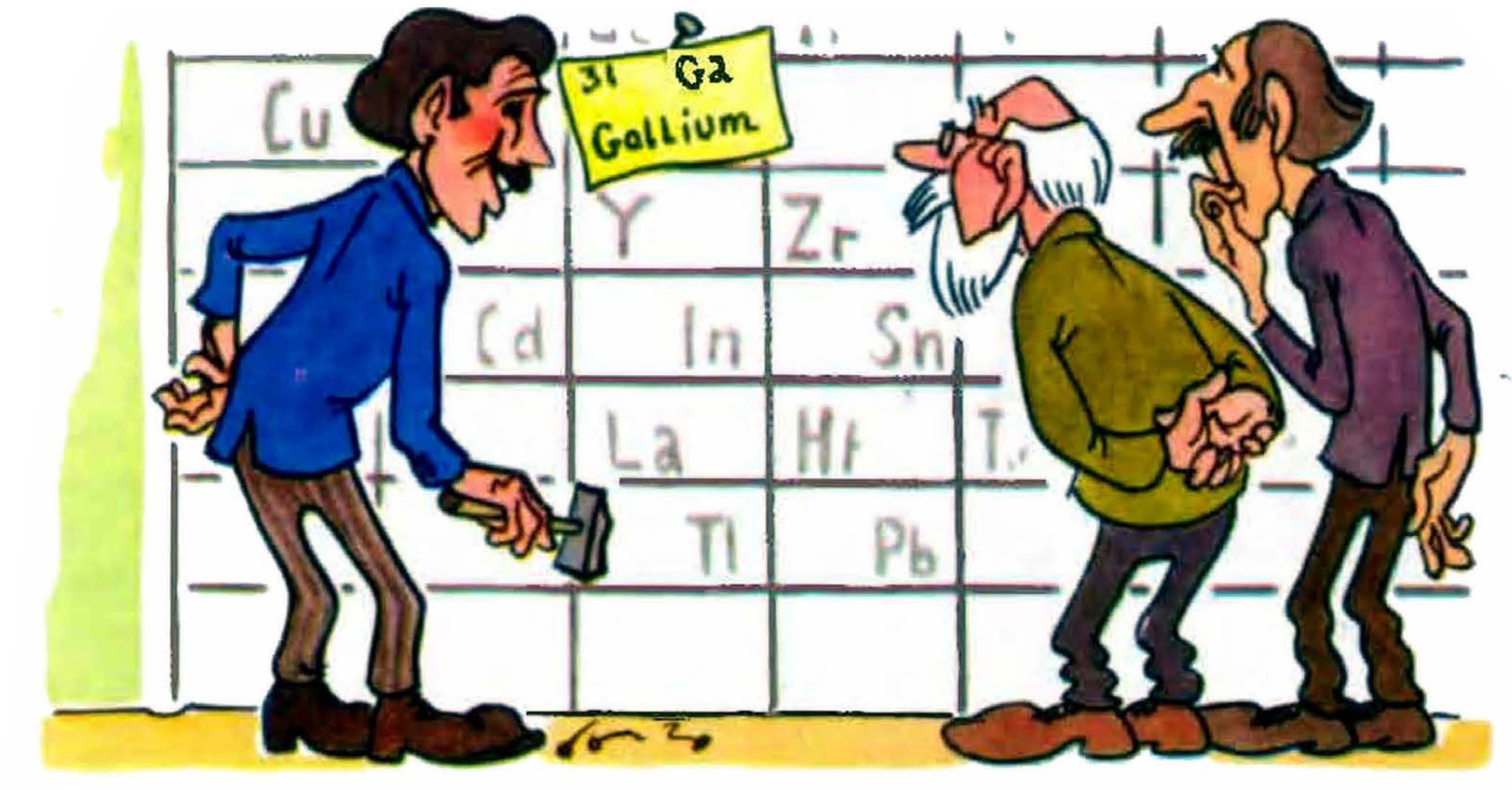
اولین عنصری که صحت و درستی قانون مندلیف را ثابت می‌کند گالیوم [1] می‌باشد.

در پایان سال ۱۸۷۰ مندلیف در خطابهٔ خود در یک جلسهٔ انجمن فیزیکی ـ شیمیائی روسیه گفت: "در ردیف پنجم از گروه سوم، مکان عنصری هست که هنوز کشف نشده است ولی بطور قطع در جائی از طبیعت وجود دارد و دیر یا زود کشف خواهد شد، وی خواص عنصر جدید را به‌تفصیل و جزء به‌جزء شرح داد و بطور دلخواه آنرا *Eka-Aluminum* (زیر آلومینیم) نامید. ـ مکان آن در جدول تناوبی عناصر، زیر آلومینیم بود ـ که بعد از کشف، گالیم نامیده شد و عدد اتمی آن ۳۱ بود. مندلیف حتی اظهار اطمینان کرد که آن ممکن است به وسیلهٔ تجزیهٔ طیفی کشف شود. و این حالا طعنهٔ سرنوشت به‌بنزن است. آیا وی حتی می‌توانست انتظار داشته باشد که متد طیفی که خودش خالق آن‌بود یک چنین دلیل انکارناپذیری برای اثبات اشتباه و سفسطهٔ بی‌مورد او در مورد قانون تناوب مندلیف ارائه دهد؟

طولی نکشید که خبر کشف عنصر پیشگوئی شده پخش گردید.

---

۱) گالیم ـ عنصریست با وزن اتمی ۶۹/۷۲ و عدد اتمی ۳۱، فلز سفید نقره رنگی است با وزن مخصوص ۵/۹ و نقطه ذوب $29/78^\circ C$، ترکیبات این عنصر بسیار کمیاب بوده و در حرارت سنجها جهت اندازه‌گیری حرارتهای زیاد بکار می‌رود. م



(شکل ۱)

درسال ۱۸۷۵ شیمیدان فرانسوی بنام *Lecoq de Boisbaudkan* یک مطالعهٔ طیفی روی نمونه‌ای از ترکیبات روی (یک ماده معدنی شناخته شده از *Pieerefitte* در پیرین[۱] ها) انجام داد و یک خط بنفش عجیب کشف کرد که گویای این امر بود که ماده معدنی محتوی یک عنصر ناشناختهٔ شیمیائی است.

اماکشف و مشاهدهٔ خط بنفش در آزمایش طیفی فقط یک طرف قضیه بود و طرف دیگر آن جدا کردن عنصر جدید از ترکیب موجود بود، اینکار به‌هیچوجه وظیفهٔ آسانی نبود به‌خصوص وقتی که حجم آن در ترکیب‌روی بسیار ناچیز بود. با وجود این وی موفق به‌جدا کردن آن

---

۱) پیرین (*Pyrene*) هیدرو کربنیست متبلور به‌رنگ زرد با نقطه ذوب $149°C$ که در قیر ذغال‌سنگ یافت می‌شود. م

گردید. وی طی آزمایشات متعددی موفق شد درهای بهوزن ۰/۱ گرم از فلز جدید بدست آورد.

مشکل‌ترین قسمت کار دانشمند مزبور نامگذاری فلز جدید بود. وی نام آنرا بهافتخار وطنش گالیم نامید (گالیا اسم لاتین فرانسه است). نام گالیم بزودی نظر تمام دانشمندان را بهخود جلب کرد. در حقیقت بعضی از افراد بدخواه شروع بهافشاء این موضوع کردند که این دانشمند فرانسوی زرنگی کرده و در خفاء نام خود را روی فلز جدید گذاشته است. آنها گفتند *Gallus* در لاتین بهمعنای *Cock* است و به زبان فرانسه همان *Lecoq* میباشد، چیزی که ارتباط بین گالیم با *Lecoq* را صریحا" آشکار میسازد.

بزودی خبر کشف گالیم در یک مقاله از روزنامه آکادمی علوم فرانسه منتشر شد. وقتی که مندلیف این خبر را شنید ناگهان دریافت که این همان عنصری است که او پیش‌بینی کرده و نامش را *Eka-Aluminium* گذاشته بود و در یک خانهٔ جدول خود جای آنرا خالی گذاشته بود. مندلیف طی یک نامه بهآکادمی علوم فرانسه نوشت: "روش کشف و جدا کردن این عنصر و همچنین خواص آن بهمن این اطمینان را میدهد که بگویم آن همان ... *Eka-Al* است."

گذشته از این، خواص... *Eka-Al* پیشگوئی شده و گالیم واقعا" موجود، بطور شگفت‌آوری شبیه بهم بودند فقط تنها تفاوت آنها در وزن مخصوصشان بود. طبق نظریهٔ مندلیف وزن مخصوص آن میبایست در حدود ۶ $g/cm^۳$ باشد و بنابر نظریهٔ شیمیدان فرانسوی این مقدار باید حدود ۴/۷ $g/cm^۳$ میبود. چه کسی راست میگفت؟ کسی که هنوز فلز جدید را ندیده بود و یا آن دیگری که نه‌تنها آنرا در دست داشت بلکه آزمایشات مختلفی روی آن انجام داده بود؟ و این اولین بار نبود که فرضیه علمی و اصول نظری با تجربه و عمل تصادم میکردند.

بالاخره فکر و اصول نظری تجربه را مورد تردید قرار داد .

(شکل ۲)

روشن شد که دانشمند فرانسوی اشتباه می‌کرد ، او بارها چند دانه گالیم را جدا کرد و آنها را به‌دقت تمیز نمود و به‌آزمایش و تحقیق جدیدی دست زد ، و این بار وی دریافت که وزن مخصوص گالیم واقعاً " نزدیک به‌۶ است و آشکارا درستی و صحت نظریهٔ همکار روسی خود را تصدیق نمود . او نوشت : "دیگر احتیاجی به‌اثبات من نیست . من‌مجبورم نتایج نظری و اهمیت کشف مندلیف را در مورد وزن مخصوص گالیم تایید نمایم . "

در مطالعهٔ تاریخ پیدایش فلزات شباهتهای‌زیاد به‌چشم می‌خورد ، اما همانطور که شما نمی‌توانید از میان صدها هزار نفر از مردم دو نفر را پیدا کنید که شرح زندگی‌شان مثل هم باشد ، همانطور نیز نخواهید یافت

فلزاتی را که تاریخ‌آنها درست مثل هم باشد. حتی دوقلوهائی مثل زیرکونیم (Zirconium) و هافنیم (Hafnium) ، یا تانتالم (Tantalum) و نیوبیم (Niobium) هرکدام داستانهای متفاوتی دارند.

اولین مراحل بعد از پیدایش، در زندگی بیشتر فلزات تقریبا" شبیه هم و به‌یک حد کم اهمیت وبی‌حادثه بوده است. هرکدام از آنها بعد از تولد صبورانه برای پیدا شدن محل مصرف و یا کاری برایشان منتظر مانده‌اند و بالاخره بعضی از آنها خوشبخت بودند که تنها بعد از چند سال به‌زندگی فعال کشیده شدند و بعضی دیگر دورهٔ انتظار طولانی را گذرانده‌اند. گالیم نیز جزو دستهٔ دوم ، یعنی دستهٔ فلزات بدبخت بوده است.

بیش از نیم قرن ازکشف گالیم و اعلام آن به‌جهان توسط دانشمند فرانسوی گذشته بود ، با این حال جهان صنعتی تولد و پیدایش آنرا نادیده گرفته بود. به‌عنوان مثال جلد چهارم "دایرةالمعارف بزرگ شوروی" (چاپ اول که در سال ۱۹۲۹ منتشر شده بود) در مورد گالیم فقط چهار کلمه نوشته بود: "بکار برده نشده در تکنولوژی". و فقط همین.

اما چنین شانس بدی نشانگر چه چیزی بود؟ آیا می‌توانست به‌این معنی باشد که فلزی که چنین نقش برجسته‌ای در تایید قانون تناوبی بازی کرد هیچ مورد استفادهٔ دیگری غیر از قرار گرفتن در خانهٔ سی و یکم جدول مندلیف ندارد؟ و یا اینکه گالیم دارای خاصیتی منحصر به‌فرد و جالب برای جلب علاقهٔ مخترعین و دیگر دانشمندان نبود؟

همانطور که خود شما بزودی خواهید دید ، شاید خواص گالیم طوری بود که کاری برای انجام دادن با آن نبود و یا شاید ذخیرهٔ

طبیعت از این عنصر خیلی کم بود و دلیل این همه بدبختی از آن ناشی می‌شد؟ ولی متاسفانه هیچ‌کدام از این دلایل درست نبود، پوسته زمین دهها مرتبه بیش از از تانتالم و تنگستن (*Tungsten*) و نیز صدها بار بیش از جیوه و نقره دارای گالیم است.

نکته مهم در اینجاست که پیداکردن گالیم مانند بعضی از عناصر بسیار پراکنده دردسر زیادی ندارد، به‌خصوص که گالیم عملا" هیچ مادهٔ معدنی ندارد، با وجود این منصفانه است اگر بگوئیم که اخیرا" اولین‌معدن‌گالیم درجنوب شرقی آفریقا کشف شد. هالیت (*Hallite*) که یک مادهٔ معدنی است دارای ۳۷ درصد گالیم می‌باشد. اما معمولا" مقادیر نامحسوسی از گالیم (چند صدم یک درصد) با آلومینیم و نیز خیلی بندرت با آهن، روی، مس و بعضی از فلزات دیگر "زندگی می‌کنند". دانشمندان کشف کرده‌اند که خاکستر زغال‌سنگ نسبتا" غنی از گالیم است. طبق نظریهٔ دانشمندان انگلیسی یک تن ذغال سنگ معدنی در جزایر کوچک بریتانیا بطور متوسط شامل ۵ گرم گالیم می‌باشد. ولی آیا این تمام قضیه است؟ به‌نظر می‌رسد حتی این مقدار بسیار ناچیز از تجمع این عنصر برای مصارف صنعتی آن کافی باشد. (هر چیزی نسبی است: مقدار آهن موجود در سنگ معدن آن ـ یک تن سنگ معدن آهن دارای ۴۰۰ ـ ۳۰۰ کیلوگرم آهن است ـ معمولا" کم به‌نظر می‌رسد).

در طول گذشت زمان و پیشرفت علم، استخراج گالیم به‌میزان کمی توسعه یافته است. اولین‌بار در سال ۱۹۳۲ در آلمان به‌مقدار ۵۰ کیلوگرم از این فلز استخراج گردید. بیست و پنج‌سال بعد تولید و استخراج آن فقط به ۳۵۰ کیلوگرم رسیده بود. بهرحال محصولات جدید با تن اندازه‌گیری می‌شوند. حتی فلز کمیابی مانند رنیم (*Rhenium*) که حجم آن در پوستهٔ زمین دهها هزار بار کمتر از موجودی گالیم در

پوستهٔ زمین است ، این مقدار تولید را پشت‌سر گذاشته است .

منابع اصلی گالیم به‌مقدار محسوسی پس‌ماندهٔ محصولات صنعت آلومینیم می‌باشد. اما عجولانه چنین قضاوت نکنید : که پس در این صورت گالیم فلزی است ارزان. اگرچه این عنصر به‌صورت خام ارزشی ندارد اما مراحل بهبود و بازیافت آن بسیار پیچیده است (حتی استخراج آن از آلومینیم) . بنابراین گالیم یکی از گرانبهاترین فلزات در بازار جهانی است. در اواسط سالهای ۱۹۵۰ یک کیلوگرم گالیم ۳۰۰۰ دلار یعنی تقریبا" سه برابر قیمت طلا ارزش داشت. حتما" فکر می‌کنید که می‌شد یک شمش آن را با یک چنین قیمتی بدست گرفت !

اما در کف دست گرفتن گالیم درست همان کاری است که ما نباید انجام آن را به‌کسی توصیه کنیم و این امر نه فقط به‌دلیل اینست که کف دست ظرف قابل اعتمادی برای یک چنین فلز گرانبهائی نیست ، بلکه به این سبب می‌باشد که گرمای بدن انسان کافی است که آنرا تبدیل به مایع کند : نقطه ذوب این‌فلز نقره‌ای رنگ و نرم که می‌توان آنرا با چاقو برید فوق‌العاده پائین است ($۲۹/۷۸°C$) . این عنصر از این نظر فقط از جیوه کم‌طاقت که نقطه انجماد آن $۴۰°C$ — است و تا حدی از منیزیم که نقطه ذوبش $۲۸/۵°C$ می‌باشد نامرغوب‌تر است .

دلیل دیگر این امر که چرا گالیم نباید در دست گرفته شود آنست که این فلز نسبتا" سمی است (بیش از جیوه) و نگهداری آن ممکن است اثرات ناگواری به‌دنبال داشته باشد .

نقطهٔ ذوب پائین گالیم ، این فلز را پایه و اساس بسیاری از آلیاژهای زودگداز که می‌باید به‌صورت مایع باقی بمانند ، قرار می ـ دهد . به‌عنوان مثال : آلیاژی مرکب از ۶۷ درصد گالیم و ۲۰/۵ درصد ایندیم (Indium) و ۱۲/۵ درصد قلع (Tin) حتی در درجه حرارت اتاق هم نمی‌تواند به‌صورت جامد باقی بماند (نقطه ذوب این آلیاژ

(شکل ۳)

$10/6°C$ است). چنین آلیاژهائی کاربرد زیادی در مهندسی، در موقعیتهای ویژه، در سیستمهای اعلام خطر و آتش‌سوزی و ... دارند. به‌محض اینکه هوای داخل ساختمان بیشتر از حد مجاز گرم شود آلیاژ گالیم که به‌صورت لوله‌ای در یک دستگاه پر شده است شروع به‌ذوب شدن می‌کند و با بستن اتصالات برقی و ایجاد صدای آژیر خطر و یا روشن شدن چراغ اعلام خطر می‌نماید. این اختراع بسیار قابل اعتمادتر از هرگونه محافظت توسط انسان است.

همین خاصیت ذوب پائین گالیم و آلیاژهای آن باعث شده‌اند که از آن به‌عنوان یک مرطوب‌کنندهٔ خوب استفاده شود. به‌همین دلیل است که آنها در بستن درزها برای ایجاد خلاء به‌جای جیوه بکار می‌روند. لحیم‌های گالیم بیشتر از لحیم‌های جیوه خلاء را حفظ می‌کنند و این امر باعث کاربرد روز بروز بیشتر گالیم می‌گردد.

آلیاژهای گالیم با انیدیم و قلع به‌عنوان نرم‌کنندهٔ بین لایه‌ای در وصل کردن قسمتهای ساخته شده از کوارتز، شیشه و سرامیک و همچنین در زنجیرهای فشار مورد استفاده قرار می‌گیرند. یک روکش از آلیاژ گالیم ـ انیدیم برای بلبرینگها، به‌طور قابل ملاحظه‌ای عمر و دوام آنها را زیاد می‌کند. چنانکه قبلا" نیز گفته شد گالیم سمی است اما همراه با نیکل (*Nickel*) و کبالت (*Cobalt*) سمیت طبیعی خود را از دست می‌دهد حتی در پر کردن دندان از کیفیت بالائی برخوردار است.

کاتد در لامپهای ماوراء بنفش که در طب مورد استفاده قرار می‌گیرند، قبلا" از جیوه ساخته می‌شد ولی حالا از آلیاژ گالیم ـ آلومینیم ساخته می‌شود، زیرا آلیاژ فوق قدرت تشعشع اشعهٔ ماوراء بنفش بیشتری دارد.

اغلب فلزات در درجه معینی ذوب و در درجه معینی منجمد می‌شوند. خاصیت منحصر به‌فرد گالیم آنست که می‌تواند ماهها به‌صورت مایع، حتی در شرایط سرمای فوق‌العاده زیاد باقی بماند. اگر یک قطره گالیم روی یخ بیفتد برای مدت زیادی منجمد نخواهد شد بالاخره و وقتی که منجمد می‌شود به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش حجم پیدا می‌کند. بدین جهت ظروف فلزی یا سرامیک نباید برای نگهداری مایع گالیم در نظر گرفته شوند چرا که به‌محض انجماد گالیم، ترک خواهند خورد. از اینرو معمولا" گالیم را در ظروف ژلاتینی کوچک و یا در ظروف استوانه‌ای لاستیکی نگهداری می‌نمایند. دانشمندان پیشنهاد می‌کنند که از خاصیت ازدیاد حجم گالیم در هنگام انجماد در سیستمهای فشار قوی استفاده شود. تمام فلزات به‌جز آنتیموان (*Antimony*) و بیسموت (*Bismuth*) هنگام انجماد مقداری از وزنشان را در نتیجهٔ افزایش حجم از دست می‌دهند.

مزیت اصلی گالیم در این است که در درجه حرارت‌های خیلی زیاد همچنان به‌صورت مایع باقی می‌ماند و در این مورد هیچ فلز دیگری که دارای نقطهٔ ذوب پائین باشد نمی‌تواند با آن برابری کند. گالیم مایع تنها در درجه حرارت $۲۲۳۰^{\circ}C$ شروع به‌جوشیدن می‌کند، همین خاصیت بسیار شگفت‌انگیز است که نقش اصلی گالیم را در تکنولوژی روشن‌می‌سازد. گرماسنجهای گالیم را می‌توان برای سنجش و اندازه‌گیری درجه حرارتهای بالائی چون $۱۰۰۰^{\circ}C$ و بالاتر به‌راحتی بکار برد. گرماسنجهای جیوه‌ای قادر به‌انجام اینکار نیستند چرا که جیوه در درجه حرارت $۳۵۷^{\circ}C$ به‌راحتی می‌جوشد، همچنین فشارسنجهای گالیم برای اندازه‌گیری فشارهای قوی بکار می‌روند.

نقطه ذوب پائین توام با درجه جوش بالا گالیم را به‌عامل بالقوهٔ انتقال گرما برای راکتورهای هسته‌ای تبدیل می‌سازد. برعکس، گالیم مایع یار و همدم خوبی برای مصالح ساختمانی نیست زیرا گالیم در درجه حرارت بالا بیشتر فلزات و آلیاژها را حل کرده و منهدم می ـ سازد. بدین دلیل سدیم و پتاسیم در حال حاضر نقش مهمی در انتقال گرما بازی می‌کند. اما برای دانشمندان یافتن راهی برای مقابله با این مشکل ممکن و عملی است: برای مثال: دانشمندان دریافته‌اند که عناصری مانند تانتالم و تنگستن می‌توانند حتی در درجه حرارت $۱۰۰۰^{\circ}C$ به‌آسانی درمقابل تهاجم گالیم مقاومت کنند و خطر را از خود دفع نمایند. این حقیقت جالبی است که افزودن مقدار کمی گالیم "مهاجم و فعال" (بیش از ۵ درصد) به‌منیزیم (Magnesium) بر شدت مقاومت منیزیم در برابر پوسیدگی و همچنین بر استحکام آن می‌ـ افزاید.

حقیقت جالب توجه دیگر آنست که مقاومت الکتریکی بلورهای گالیم به‌مقدار خیلی زیادی به‌چگونگی عبور جریان برق از میان آنها

(شکل ۴)

(بطور افقی یا عمودی) بستگی دارد. نسبت مقاومت ماکزیمم به‌می‌نیمم آن ۷ است که این مقدار خیلی بیشتر از هر فلز دیگری می‌باشد. ضریب انبساط این فلز به‌وسیلهٔ یکی از سه‌عامل مربوط به‌جریان برق تغییر می‌کند.

گالیم به‌علت قدرت برجسته‌اش در انعکاس‌نور، کاربرد موفقیت ــ آمیزی در ساختن آینه‌ها دارد. اینکه آینه‌های ساخته شده از گالیم حتی در درجه حرارتهای بالا نیز تار نمی‌شوند از اهمیت زیادی برخوردار است. اکسید گالیم در ساختن آینه‌های مخصوصی که بتوانند اشعهٔ مادون قرمز را به‌طور آزاد عبور دهند مورد لزوم است. صفت مشخصهٔ این آینه‌ها ضریب انکسار بالا می‌باشد.

گذشته از این هرگاه گالیم بسیار خالص را (نه کمتر از ۹۹/۹۹۹ درصد) به‌ژرمانیم (Germaniam)و سیلسیم (Silicon) بیافزائیم، خواص نیمه هادی آنها بشدت افزایش می‌یابد. مدت‌زمان کوتاهی قبل به‌این خاصیت گالیم پی برده شد و این فلز نشان داده است که نقش‌آن از این نظر نیز "بیهوده و هیچ" نیست. بعضی از ترکیبات گالیم با آنتیموان و فسفر و به‌خصوص با ارسنیک (Arsenie) خواص نیمه هادی آنهارا آشکار می‌سازد.

این خـواص به طـور قابل ملاحظـه‌ای در Heterojunction نمایان می‌شود که برای بدست آوردن بازدهی زیاد از وسایل نیمه هادی بکار می‌رود. Heterojunction اتصال بین دو نیمه هادی با خواص شیمیائی متفاوت که در یک بلور جا گرفته‌اند می‌باشد. مدتهاست که دانشمندان به‌طور نظری ثابت کرده‌اند که این نوع "همزیستی" (زندگی در زیر یک سقف) دارای چشم‌اندازهای جالبی برای مهندسین نیمه هادی می‌باشد. اشکال اصلی در این مورد انتخاب یک جفت ماده برای یک‌چنین "همزیستی" است. آزمایشگران دهها ترکیب مختلف از این نوع را امتحان کردند اما تمام آنها ایده‌آل نبودند و اغلب ناسازگاری آشکاری درمقابل هم ابراز می‌داشتند. بعدها اظهار نظر شد که آرسنیدهای گالیم و آلومینیم احتمالا "می‌توانند ترکیب خوبی برای این کار باشند ولی در این احتمال نیز اشکالی در کار بود و آن اینکه آرسنید آلومینیم در هوای مرطوب بسیار ناپایدار بود به‌طوریکه قبل از یک چشم بهم زدن متلاشی شده و از هم می‌پاشید.

آیا این شکست نهائی بود؟ گالیم به این وضع خاتمه داد: اتمهای گالیم داخل آرسنید آلومینیم شده و استحکام و ثبات کافی به‌آن داد. مسئله " Heterojunction هـا " حـل شد و بـر پایـه آنها دستگاهها و وسایل مجهزی طرح‌ریزی گردید.

عرصهٔ کاربرد ترکیبات گالیم پیوسته رو به‌گسترش است. امروزه یکی از موارد استعمال آن‌ها در کامپیوترها، رادارها و ترموکوپلها (وسایل اندازه‌گیری اختلاف درجه حرارت)، در باطریهای نوری و در اجسام نیمه‌هادی برای تجهیزات سفینهٔ فضائی می‌باشد. این ترکیبات هم‌چنین در مواد تولید اشعه لایزر بکار می‌روند و نیز از آنها به‌عنوان یک کاتالیزور قوی در بسیاری از مراحل در شیمی آلی استفاده می‌شود.

Hyperbolloid ساختگی مهندس گارین (*Garin*) " (یک اشعهٔ کنترل شدهٔ متمرکز که به‌وسیلهٔ شخصیت اصلی یکی از رمانهای معروف الکسی تولستوی نویسندهٔ برجستهٔ روسی اختراع شد) حتی تا این اواخر کاملا " خیالی به‌نظر می‌رسید و همین *Hyperbolloid* امروزی یعنی اشعهٔ لایزر اکنون کاملا " عادی می‌باشد.

آرسنید گالیم یکی از اولین مواد تولید کنندهٔ اشعهٔ لایزر است. بر طبق نظریهٔ متخصصین غربی اشعهٔ لایزر حاصل از آرسنید گالیم ساده، فشرده و موثر است. از این اشعه برای برقراری و حفظ ارتباط تلفنی و تلگرافی بین سفینه و فضانوردان در طول مدت گردش فوق‌العاده سریع آنها به‌دور زمین و یا بین دو ایستگاه فضائی مسافرتی نزدیک بهم استفاده می‌شود. همچنین طرحهائی برای استفاده از یک چنین اشعهٔ لایزری جهت کنترل وضع سفینه در طول مدت "فرود" در کرهٔ ماه در نظر گرفته شده است.

فضای بیرون جو بعلت بی‌وزنی محیط مناسبی برای آزمایشات وسیع و همه‌جانبهٔ تکنولوژیکی می‌باشد. نتایج جالب توجهی که از آزمایشات انجام شده توسط سرنشینان سفینهٔ فضائی آمریکائی اسکای‌لاب (*Skylab*) گزارش شده است این امر را اثبات می‌کند. آنها موفق شدند یک بلور آرسنید گالیم به‌طول ۲۵ میلی‌متر را در شرایط بی‌وزنی به‌عمل آورند ولی این کار در روی زمین تاکنون غیرممکن بوده است و

طول بلور آرسنید گالیم بدست آمده بیش از ۲ تا ۳ میلی‌متر نبوده است.

همچنین در این زمینه آزمایشات موفقیت‌آمیزی توسط فضانوردان شوروی در ایستگاه فضائی سالیوت ـ ۶ (*Salyut-6*) انجام شده است. علاوه بر آن فضانوردان شوروی آلیاژ گالیم ـ مولیبدن (*Molybdenum*) را آزمایش کرده‌اند. آنها با مخلوط کردن و آمیختن گالیم و مولیبدن به‌وسیلهٔ دستگاهی به‌نام *Splav* موفق شدند ترکیبی همجنس و با مقادیر مساوی از هرکدام از فلزات فوق بدست آورند. نکته مهم در اینجاست که مولبیدن تقریبا" ۲ برابر سنگین‌تر از گالیم است و تحت شرایط معمولی این دو عنصر نمی‌توانند به‌طور یکسان ترکیب شوند زیرا وقتی که آلیاژ ذوب شده منجمد می‌شود لایه‌های پائینی آنرا مولیبدن و لایه‌های بالائی را گالیم پر می‌کند و مقدار آنها نیز مساوی نمی‌شود، در صورتی که این عمل در شرایط بی وزنی گالیم و مولیبدن که به‌طور یکسان و یکنواخت هستند، آلیاژی را تشکیل می‌دهد که ترکیبی همجنس است.

احتمال زیاد می‌رود که گالیم به‌توضیح علمی این امر که چرا خورشید نور منتشر می‌کند کمک کند. ما تاکنون چیزی در این‌مورد در دست نداشته‌ایم اما اکنون فرضیاتی دربارهٔ طبیعت انرژی بسیار عظیمی که خورشید در طول هزاران میلیون سال تولید کرده است، وجود دارد. یکی از قابل‌قبول‌ترین و ظاهرا" معتبرترین فرضیه‌ها، نظریه‌ایست که می‌گوید: جریان گرما هسته‌ای ترکیب عناصر مختلف تشکیل‌دهندهٔ تودهٔ مذاب خورشید به‌طور لاینقطع ادامه دارد و این عمل باعث ایجاد این انرژی عظیم می‌گردد.

اما این امر چگونه اثبات می‌شود؟

نوترینوها[1] (*Neutrinos*) که ذرات تولید شده در طول مدت

←

واکنشهای گرما هسته‌ای خورشید می‌باشند می‌توانستند به‌عنوان قاطع‌ترین و مسلم‌ترین امر حتی به‌عنوان یک دلیل غیر مستقیم برای اثبات فرضیهٔ فوق بکار گرفته شوند. اما مشاهدهٔ نوترینوها غیرممکن و اثبات عملی وجود آنها بسیار مشکل و حتی گمراه‌کننده می‌باشد. حتی فیزیکدان سوئیسی به‌نام *Wolfgang Pauli* که به‌طور نظری و علمی وجود نوترینوها را در سال ۱۹۳۳ پیش‌بینی کرد، اظهار عقیده نمود که

(شکل ۵)

زیرنویس صفحه قبل: درتبدیل هسته‌ای هنگام تولید اشعه بتا به‌وجود می‌آید و چون دارای جرم ساکن و انرژی ساکن (برابر صفر) می‌باشد همانند فوتون باید با سرعت نور حرکت کند. م

هیچکس قادر نخواهد بود به‌طور تجربی وعملی وجود آنها را ثابت کند زیرا آنها نه جرم دارند و نه بار الکتریکی

از طرف دیگر این یک حقیقت است که نوترینوها دارای انرژی معین و یک قدرت فوق‌العاده نافذ و موثری هستند. آنها از هستهٔ خورشید خارج شده به‌آسانی از میان تنهٔ خورشید عبور کرده و با شتاب به‌اطراف و به‌پائین، به‌طرف زمین و دیگر اجرام سماوی سرازیر می‌شوند این هجوم نوترینوها با یک حالت گداختگی و ریزش سیل‌مانند و عظیم می‌باشد. گمان می‌رود که بیش از ۶۰٫۰۰۰ میلیون نوترینو در هر ثانیه سطح هر سانتی‌متر مکعب را بمباران می‌کنند. اما ثبت کردن و نشان ـ دادن آنها عملا" غیرممکن است. آنها بدون هیچگونه کوشش و کشمکشی از میان هر ماده‌ای (مثل اینکه آن ماده وجود ندارد و فقط فضای خالی است) عبور می‌کنند. با وجود این فیزیکدانها توانسته‌اند رد پاهائی از نوترینوها را در بعضی از اجسام پیدا کنند.

هستهٔ هر اتم کلر ـ ۳۷ در مقابل جذب یک نوترینو یک عدد الکترون آزاد کرده و به‌یک اتم آرگون ـ ۳۷ (Argon) تبدیل می‌شود، اما این واکنش فقط با نوترینوهائی که دارای انرژی‌زیادهستندو می‌توانند موثر واقع شوند انجام می‌گیرد. نسبت اینگونه نوترینوها در میان سیل عظیم آنها که از طرف خورشید به‌پائین سرازیر می‌شود فوق‌العاده کم است (حتی کمتر از یک ده‌هزارم). از اینرو برای بدست آوردن این ذرات گریزنده به‌شرایطی تقریبا" استریل نیاز است.

چند سال قبل برای به‌وجود آوردن چنین شرایطی در ایالات متحده آمریکا کوششهائی به‌عمل آمد. به‌خاطر حفاظت این ذرات درمقابل نفوذ ذرات دیگر هوا، یک مخزن بزرگ محتوی تتراکلرواتیلن (یک صافی سیال) در زیرزمین در نقطه‌ای تقریبا" به‌عمق یک و نیم کیلومتر در داخل یک معدن طلای متروکه در داکوتای جنوبی قرار داده

شد . برطبق محاسبات نظری درهر ۴۸ ساعت می‌بایستی سه اتم از کلر ـ ۳۷ به آرگون ـ ۳۷ تبدیل می‌شد ، که گمان می‌رفت دو عدد از این اتمها تحت تاثیر نوترینوهای خورشیدی و سومی بر اثر عبور آهسته و مخفیانهٔ تشعشعات دیگر در عمق زمین تبدیل شده باشند . متاسفانه در عرض دو روزی که به‌نظر می‌رسید ذرات خورشیدی کار کرده باشند ، فقط یک اتم آرگون کشف شد .

آیااین بدان معنی نیست که هیچ نوترینوئی به‌زمین فرود نمی‌آید و تئوری گرما هسته‌ای دربارهٔ مبنای انرژی خورشید از بنیاد غلط‌است ؟ فیزیکدانهای شوروی معتقدند که تجربهٔ فوق دلیل کافی برای رد این نظریهٔ عمومی که خورشید یک راکتور عظیم‌الجثهٔ گرما هسته‌ای است ، نمی‌باشد .

ظاهرا " موفقیت‌آمیز بودن چنین تجاربی بیش از اندازه مستلزم دقت می‌باشد . علاوه بر این تئوری فوق ثابت می‌کند که نوترینوها در هنگام برخورد با زمین دارای انرژی نسبتا " کمی برای ثبت کردن هستند و به‌سادگی نمی‌توان گفت تجربهٔ کلر ـ آرگون روش خوبی نیست . در اینجا گالیم یک چشم‌انداز احتمالی می‌باشد . شاید این فلز بتواند در این زمینه کمک خوبی به‌علم نماید .

اظهار عقیده می‌شود که هسته‌های ایزوتوپ گالیم ـ ۷۱ این ذرات گریزنده را به‌سهولت جذب و به‌هسته‌های ژرمانیم ـ ۷۱ تبدیل خواهند شد . بدین ترتیب دانشمندان با شمارش تعداد اتمهای گالیم ـ ۷۱ که به‌ژرمانیم ـ ۷۱ تبدیل شده‌اند ، قادر خواهند بود تغییرات پی در پی نوترینوهای اعزامی از خورشید را اندازه‌گیری کنند .

به‌راستی در حال حاضر این فقط یک فرضیهٔ علمی است ، اما اخیرا " در اتحاد شوروی دستگاه تهیهٔ گالیم به‌ژرمانیم ساخته شده است و یک گودال عمیق‌دریک‌دره‌تنگ‌رودخانهٔ Baksan در قفقاز شمالی

برای یک رصدخانهٔ نوترینو حفر شده است . اگرچه این دستگاه نیازمند چند تن گالیم خواهد بود که کاملا " گران می‌باشد اما در طول مدت این آزمایش فلز عملا " دست نخورده و بی‌عیب باقی خواهد ماند . بنابراین به‌احتمال زیاد گالیم بعد از این به‌گشایش دریچهٔ روشن برای یکی از مسائل عمده علم مدرن فیزیک نجومی (کشف کیفیات و مشخصات شیمیائی و فیزیکی اجرام سماوی) کمک خواهد کرد .

روبیـــــدیـــم
(یک چیز عجیب)

Rb

اگر کسی به‌کتب عهد عتیق معتقد است . —
قدیمی‌ترین صخره‌های گرینلند . — رشته کوه هیمالیا جوانتر می‌شود . —
ساعتی‌که‌مونمی‌زند . — یک‌کشف‌ذرطیف . — یک‌نظریهٔ صریح و روشن . —
بنزن‌یک‌دریاچه را تبخیرمی‌کند . — یکربع قرن بعد . — درسلول زندان . —
ضدیت‌بایخ . — درنقطه‌ای‌دور ازهسته . — چشم‌اندازکشمکش‌بر سرقدرت . —
یک‌شغل‌مورددلخواه . — دربازار جهانی . — حرف مناسب . — ساعت‌سروقت
زنگ‌میزند . — قرنهای بیستم و بیست‌و یکم . — گنجهای مدفون درزیر
زمین . — در کرانه‌های رودخانه گاما . — نمک را چه‌کسی رنگ‌می‌کند . —
درآبهای ساحلی دریای سیاه . — از مردانتان محافظت کنید !

سیارهٔ ما چند سال دارد ؟ متاسفانه برای آن "شناسنامه‌ای" وجود ندارد . اگرچه او مانند هر خانم مسنی که سنش را پنهان می‌کند ، بدقت‌سن خود را پنهان نگه‌داشته است ، اما در هرجائی که رازی هست در آنجا افرادی خواهند بود که می‌خواهند به‌آن راز پی ببرند .

بحث دربارهٔ پیدایش زمین است ، سیاره‌ای که قرنهای زیادی است که در حال زیستن است . اگر کسی به‌کتب عهد عتیق معتقد است ، برطبق آنها سیارهٔ ما تقریبا " شش هزار سال پیش از میلاد مسیح به‌وجود آمده است . ولی نظریهٔ جدید علمی عمر زمین را ۴/۵ میلیارد سال برآورد کرده است .

بعضی از اسناد و مدارک موجود از روی صخره‌های کوههای قدیمی تهیه شده‌اند . در این اواخر نوعی صخره در ناحیهٔ ترانسوال

(Trans Vaal) در آفریقای جنوبی پیدا شده است . دانشمندان معتقدند که آن قدیمی‌ترین صخرهٔ روی زمین می‌باشد و قدمت آن در حدود ۳۴۰۰ تا ۳۵۰۰ میلیون سال برآورد شده است .

اما در سال ۱۹۶۶ ماسگرگور (Macgregor) ، دانشمندی از نیوزیلند صخره‌هائی در کوه آمرالیک فژورد (Ameralik Fgord) در گرینلند کشف کرد که حداقل ۵۰۰ میلیون سال قدیمی‌تر از صخره‌های قبلی می‌باشند . این حقیقت به‌وسیلهٔ "ساعت" موسوم به روبیدیم[1] ـ استرنسیم (Strontium) ثابت شد .

" "ساعت" روبیدیم ـ استرنسیم چیست ؟

در اوایل قرن بیستم فیزیکدان بزرگ بریتانیائی به‌نام ارنست روترفورد (Erenst Rutter Ford) نظریه‌ای داد مبنی بر اینکه قدمت مواد معدنی و صخره‌ها را می‌توان از روی فعالیت رادیو اکتیویته آن عناصر تشخیص داد . (این پدیده چندین سال قبل کشف شد) .

نظریهٔ ارنست روترفورد این بود که اتمهای رادیواکتیو عناصری که در زمین به‌صورت طبیعی وجود دارند پیوسته ذرات رادیواکتیو از خود منتشر می‌کنند و با از دست دادن این ذرات به‌اتمهای عناصر دیگر تبدیل می‌شوند .

نکتهٔ جالب توجه اینست که سرعت این تغییر و تبدیل به‌هیچ عاملی از جمله درجه حرارت و فشار و غیره بستگی ندارد . اما در مورد هر مادهٔ رادیو اکتیو این سرعت از روی طول نیمهٔ عمرش مشخص می ـ شود . نیمه عمر برای هر عنصر رادیواکتیو مدت زمانی است که در آن

---

۱) روبیدیم عنصری فلزی است با وزن اتمی ۸۵/۴۶۷ و عدد اتمی ۳۷، فلزیست نرم ، به‌رنگ سفید نقره‌ای . وزن مخصوص آن ۱/۵۳ و نقطه ذوبش $39^{\circ}C$ می‌باشد .م

مدت دقیقا" نصف عنصر رادیو اکتیو متلاشی شده، تغییر می‌کند و به عنصر دیگری تبدیل می‌شود. در مورد بعضی از عناصر رادیو اکتیو این نیمه عمر چند میلیونیم ثانیه است و در مورد بعضی دیگر صدها بیلیون سال می‌باشد.

طول نیمه عمر یکی از "صد سال به‌بالاها" یعنی روبیدیم ـ ۸۷، چهل و هشت هزار میلیون سال می‌باشد. (نسبت این عنصر به‌مجموع ذخایر روبیدیم جهان ۲۸ درصد می‌باشد).

(شکل ۶)

در ضمن اینکه این ایزوتوپ روبیدیم الکترونهای خود را آزاد می‌سازد خودش نیز به آهستگی اما به‌طور قطع تغییر یافته و به‌ایزوتوپ پایدار استرانسیم با همان وزن اتمی ۸۷ تبدیل می‌شود ولی دیگر در معرض متلاشی شدن قرار نمی‌گیرد. چون نسبت استاندارد این ایزوتوپ به

نزدیکترین هم‌خانواده‌هایش (ایزوتوپهای ۸۸ – ۸۶ و ۸۴) عامل مشخصی است، بنابراین تعیین مقداراسترانسیم– ۸۷ اضافی و انباشته شده در صخره‌های مورد نظر کار مشکلی نیست. مقداراسترانسیم‌انباشته شده در صخره‌ها در نتیجهٔ فعالیت رادیو اکتیویتهٔ ایزوتوپ روبیدیم – ۸۷ و متلاشی شدن آن به‌وجود آمده است. از اینرو با داشتن مقدار معینی‌از استرانسیم ذخیره شده در صخره‌ها می‌توان ثابت کرد که زمان تغییر و تبدیل چقدر به‌طول انجامیده است.

بدین ترتیب می‌توانیم قدمت صخره‌ها را بدست آوریم. دانشمندان به‌وسیلهٔ ایزوتوپهای روبیدیم و استرنسیم کشف کرده‌اند که صخره‌های کوه در گرینلند متعلق به‌ماقبل تاریخ می‌باشند. همین یک جفت عنصر دانشمندان را متقاعد کرده است که بلندترین رشته کوه سیارهٔ ما یعنی رشته کوه هیمالیا خیلی جوانتر از آنچه که تصور می‌شد، می‌باشد.

سالها نظریهٔ عمومی علمی این بود که زمان پیدایش کوه مسیف (*Massifs*) درآسیای میانه صدها میلیون سال پیش بوده است، اما در این اواخر نتیجه تحقیقات و مطالعات دقیق روی نمونهٔ صخره‌های این رشته کوه که با کمک "ساعت" روبیدیم –استرنسیم توسط دانشمندان و محققین ژاپنی انجام شده، اشتباه بودن نظریهٔ فوق را ثابت کرده است. بر طبق نتیجه‌گیریهای آنها این ناحیه طی عمر خود دو نوع تحول و دگرگونی بنیادی را به‌خود دیده است که نخستین تحول در حدود ۵۰۰ – ۴۵۰ میلیون سال پیش رخ داده و طی آن ترکیب و ساخت رشته کوه هیمالیا پدیدار گشته و در تحول دوم بلندترین رشته کوه زمین (هیمالیا) بوجود آمده که این فقط ۱۵ میلیون سال پیش اتفاق افتاد، نه صدها میلیون سال پیش. و براین اساس است که می‌گوئیم رشته کوه هیمالیا جوانتر می‌شود.

برای تعیین تاریخ پیدایش صخره‌ها روشهای دیگری وجود دارد از جمله استفاده از نیمه عمر ایزوتوپ کربن و اورانیوم ـ هلیوم ، اورانیم ـ سرب ، پتاسیم ـ آرگون و بعضی شیوه‌های دیگر. باید توجه شود که به‌هر صورت ساعت روبیدیم ـ استرنسیم برای مدت زمانی طولانی بهترین روش می‌باشد .

بنابراین برای تعیین تقریبی و نزدیک به‌صحت سن سیاره زمین روبیدیم به‌ما کمک می‌کند . اما چه مدت است که بشر روبیدیم را شناخته است ؟ جواب این سئوال روشن است :

در سال ۱۸۶۱ دو دانشمند برجستهٔ آلمانی به‌نامهای روبرت بنزن (*Robert Bunsen*) شیمیدان و گوستاو کیرچوف (*Gustav Kirchoff*) فیزیکدان موفق به‌کشف روبیدیم شدند . این واقعه بر پیشرفت آنها در روش تجزیهٔ طیفی در سال ۱۸۹۵ ارجحیت داشت . یک سال بعد نیز سزیم کشف گردید . آنها در ادامهٔ آزمایش طیفی روی مواد معدنی زیادی متوجه دو خط قرمز تیرهٔ ناشناخته در طیف میکای لیتیم ساکسونی (*Saxonian Lepidolite*) شدند . این نشانهٔ وجود یک عنصر جدید در مواد معدنی مورد آزمایش بود . آنها این عنصر جدید را روبیدیم نامیدند ، ـ روبیدیم در لاتین یعنی قرمز تیره ، تقریبا " همنام سنگ گرانبهای یاقوت ، ولی یاقوت حقیقتا " قرمز است در صورتی که روبیدیم مانند اکثر فلزات به‌رنگ سفید نقره‌ای است . این عنصر دارای رنگ خیلی روشن است (روشنتر از منیزیم) و به‌نرمی موم می‌باشد . بنابراین آب و هوای گرم برای آن مناسب نیست . نقطه ذوب آن ۳۸/۹ درجه‌سانتیگراداست . بدون اغراق باید بگوئیم که روبیدیم را به‌راحتی می‌توان در قطب جنوب در یک چشم بهم‌زدن ذوب کرد . برای خاتمه دادن به‌اولین نظریهٔ روشن و صریحمان دربارهٔ روبیدیم یکی دیگر از خصوصیات ویژه آنرا ذکر می‌کنیم :

(شکل ۷)

بنزن اولین کسی بود که در سال ۱۸۶۳ روبیدیم فلزی بدست آورد. بدست آوردن آن در حقیقت کار بسیار دشوار و خطیری بود: برای اینکار وی مجبور بود تمام آب یک "دریاچه" را تبخیر کند. (بیش از ۴۰ متر مکعب از آبهای معدنی *Schwarzwald* را که عنصر جدید در آنجا کشف شده بود تبخیر کرد)، اما این فقط آغاز کار بود. او از تغلیظ آبهای معدنی رسوبی مرکب از کلرورهای پلاتین، پتاسیم، سزیم و روبیدیم بدست آورد. تفکیک این سه عنصر "تفکیک‌ناپذیر" قدم بعدی بنزن بود. بنزن برای بالا بردن قابلیت حل ترکیبات پتاسیم، اول پتاسیم را که به‌شکل بلورهای جزئی بود جدا کرد. اما تفکیک سزیم و روبیدیم خیلی مشکل بود. او سرانجام موفق به‌تفکیک این دو عنصر از هم شد و فلز روبیدیم را از طریق کاهش اسید تارتارات آن با کربن سیاه بدست آورد.

بعداز۲۵ سال نیکلای بکتف (*Nikolai Beketov*) پیشنهاد کرد که روبیدیم فلزی می‌تواند از طریق کاهش هیدروکسید آن با پودر آلومینیم بدست آید. برای این کار او از یک لولهٔ استوانه‌ای آهنی که روی آن یک شعلهٔ گاز تعبیه شده بود و به‌یک دستگاه خنک‌کنندهٔ شیشه‌ای وصل می‌شد، استفاده کرد. وقتی استوانه گرم می‌شد شعلهٔ گاز با عکس‌العمل شدیدی منفجر شـده و همراه با آن گاز هیدروژن متصاعد می‌شد و بدین ترتیب روبیدیم در دستگاه خنک‌کنندهٔ شیشه‌ای تصفیه می‌شد و در نتیجه روبیدیم فلزی بدست می‌آمد.

نیکلای بکتف دربارهٔ نتیجهٔ آزمایشات خود نوشت: "روبیدیم به‌آهستگی متصاعد می‌شود، مثل جیوه فرار است و حتی لعاب فلزی آن در طی مدت آزمایش تا وقتی که ظرف پر از هیدروژن است در جدارهٔ ظرف باقی می‌ماند". امروزه این فلز از کلرور آن تحت تاثیر کلسیم فلزی در خلاء در درجه حرارت ۸۰۰ – ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد بدست می‌آید.

استخراج روبیدیم خالص از ترکیبات آن، حتی از ذخیره کردن و نگهداری آن مشکلتر می‌باشد. فلز "سرد" بدست آمده فورا" در لوله‌های ساخته شده از شیشه‌های مخصوص مهر و موم می‌شود در حالیکه درون لوله با یک گاز بی‌اثر پوشیده شده و یا خلاء می‌باشد. بدین ترتیب روبیدیم فلزی نگهداری می‌شود. گاهی اوقات "سلول زندان" نگهداری آن یک فلاسک فلزی پر شده از کروزون بی‌آب (*dehydrated Kerosene*) و یا وازلین (*Paraffin Oil*) است. تنها در چنین شرایطی می‌توان اطمینان حاصل کرد که محصول بدست آمده برای مدت زمانی طولانی نگهداری خواهد شد. چرا یک چنین احتیاط‌کاری‌های محکم؟

جواب سئوال اینست: "طبیعت سرکش زندانی".

آزاد کردن آن از "بازداشتگاه" درست مانند رها کردن یک "جن" از شیشه‌اش است. در خانوادهٔ فلزات، روبیدیم از نظر فعالیت

(شکل ۸)

فقط از "برادر بزرگترش" یعنی سزیم پائین‌تر و عقب‌تر است. به‌محض اینکه آزاد شده و با هوا برخورد کند فورا" آتش می‌گیرد و با شعلهٔ روشن ارغوانی مایل به‌صورتی می‌سوزد و تغییر شکل پیدا کرده، تبدیل به‌پودر زرد رنگی به‌نام سوپر اکسید روبیدیم می‌گردد. این آتش نباید توسط آب خاموش شود زیرا روبیدیم نسبت به‌آب به‌شدت واکنش نشان داده و حتی قابل انفجار می‌شود و کارها را خرابتر می‌نماید، زیرا آب را تجزیه می‌کند و در نتیجه هیدروژن جدا شده از آب در ترکیب با اکسیژن هوا فورا" باشعلهٔ نامنظمی می‌سوزد. گذشته از این، روبیدیم به‌همان اندازه که در مقابل یخ فعال و مهاجم است (درست مثل چکش دو سر یک معدنچی لایهٔ ضخیمی از یخ را فورا" سوراخ می‌کند)، به‌همان اندازه نیز در مقابل آب فعال و تجاوزگر است و آب را تجزیه می‌نماید. روبیدیم تنها فلز یخ‌زده شریری است که درجه انجماد آن ۱۰۸° ـ سانتیگراد است و تنها در این درجه است که می‌توان این "عربده‌جو!" را آرام کرد و تب تندش را فرو نشاند.

هیدروکسید روبیدیم (حاصل واکنش بالا) به‌محض قرار گرفتن در یک ظرف شیشه‌ای فورا" شیشه را منهدم می‌کند و برای ابراز کردن خشم شدید و خوی وحشیانه‌اش عجله دارد. حتی در درجه حرارتهای بالا (۳۰۰°C و بالاتر) خود روبیدیم نیز "بیشرمانه" و بسرعت شیشه را حل می‌کند و از بین می‌برد. در این واکنشها روبیدیم، سیلسیم (Silicon) را از اکسیدها و سیلیکاتها جدا می‌کند. به‌همین دلیل است که روبیدیم باید در لوله‌هائی که از شیشه‌های مخصوص ساخته شده‌اند تنگ پوشانیده و محبوس گردد تا قادر به‌دفاع از خود نباشد.

واکنش شدید روبیدیم ناشی از ساختمان اتمی آن می‌باشد. این فلز مانند دیگر فلزات قلیائی تنها یک الکترون در دورترین مدار اتمی‌اش دارد و این الکترون دورتر از الکترونهای آخرین مدار اتم‌های

لیتیم، سدیم و پتاسیم نسبت به‌هستهٔ اتم واقع شده‌وبه‌همین دلیل به وسیلهٔ اتمهای مواد دیگر به‌آسانی جذب می‌شود. فقط اتمهای سزیم نسبت به‌اتمهای روبیدیم آمادگی بیشتری در از دست دادن الکترونهایشان از خود نشان می‌دهند و در نتیجه بیشتر توسط اتمهای عناصر دیگر جذب می‌شوند.

(شکل ۹)

روبیدیم تحت تاثیر نور الکترونهایش را به‌آسانی از دست می‌دهد، این خصوصیت "*Photoeffect*" نامیده می‌شود. بسیاری از فلزات این خصوصیت را دارند ولی هیچکدام از آنها نمی‌توانند با روبیدیم و سزیم برابری و رقابت کنند.

امروزه سزیم به‌عنوان "پادشاه" *Photoeffect* ها درفتوسلها

(*Photocells*) و دیگر سیستمهای فتو الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد ، اما خیلی احتمال دارد که بزودی روبیدیم بتواند "پادشاه" را از "تخت و تاج" خلع کند زیرا ذخیرهٔ روبیدیم در طبیعت ۵۰ برابر بیشتر از سزیم است و این حقیقت دیر یا زود ممکن است به‌سود روبیدیم تمام شود . گذشته از این ، بعضی از آلیاژهای روبیدیم (به‌عنوان مثال آلیاژ تلوریم *Telurium* ـ روبیدیم) به‌نام عناصری که با حداکثر حساسیت در مقابل نور مشخص می‌شوند (*Photo sensitivity*) (*Maximum*) از نورهائی که در طیف تجزیهٔ نورها دورتر از ناحیهٔ ماوراء بنفش قرار می‌گیرند تاثیر می‌گیرند و از این لحاظ با آلیاژهای سزیم برابری می‌کنند . در انتخاب مواد برای فتوکاتدها انتخاب جسم حساس درمقابل نور از اهمیت زیادی برخوردار است .

یکی دیگر از عرصه‌های مهم استعمال روبیدیم ، شیمی آلی می‌باشد . در این عرصه نمکهای این عنصر به‌عنوان کاتالیزر بکار می ـ روند . امروزه وجود این فلز در ساختن یک مادهٔ جدید مرکب از متانول و الکلهای قوی و سنگین نظیر (اسیترن (*Styrene*) و بوتادین ضروری است . این مواد منبع و منشاء تولید لاستیک مصنوعی می‌باشند . اخیرا" کاتالیزورهای روبیدیم برای هیدروژنه کردن ، بی‌هیدروژن کردن ، پلیمری کردن و همچنین برای بکارگیری در بعضی از واکنشهای آلی مصنوعی توسعه و گسترش پیدا کرده‌اند . این حقیقت مهمی است که چنین کاتالیزرهائی نسبت به‌کاتالیزورهای ترکیبات سدیم و پتاسیم اجازهٔ درجه حرارت و فشارهای پائین‌تری را به‌واکنش می‌دهند .

شیمیدانهای آمریکائی ثابت کردند که تارتارات روبیدیم در اکسیداسیون کربن سیاه نقش کاتالیزری دارد و این امر درواقع از طریق پائین آوردن درجه حرارت این واکنش می‌باشد . مزیت دیگر کاتالیزرهای روبیدیم اینست که نسبت به‌سولفور ، این وسیله تنبیه بسیاری از

کاتالیزرها، بی‌تفاوت هستند. ممکن است بعضی‌ها فکر کنند که: "چه نقش بزرگی!" اما دانشمندانی که در حال حاضر درجستجوی انواع جدیدی از سوخت هواپیمائی هستند نظر متفاوتی دارند و به‌احتمال زیاد دلایل خوبی نیز برای ارائه کردن دارند.

بعضی از ترکیبات روبیدیم دارای خواص نیمه هادی و بعضی دیگر دارای خواص Piezoelectric (بارهای الکتریکی متضاد حاصل شده ازبلورهای‌مشخص‌درنتیجهٔ‌فشارهای‌مکانیکی) می‌باشند. امادرواقع‌این‌خواص در حال حاضر فقط برای جلب توجه دانشمندان و مهندسین می‌باشند.

شاید شما نیز متوجه شده‌اید که ما تا اینجا از توانائی‌ها و کاربرد عملی روبیدیم در صنعت مدرن صحبت کرده‌ایم. ذکر این نکته نیز ضروریست که ما حقیقتا" هنوز نمی‌توانیم نقش "زحمتکشان بزرگی" چون آهن، آلومینیم و تیتانیم را درصنعت انکار کنیم. اهمیت این امر از روی میزان استخراج‌وتولید سالیانهٔ آنها به‌روشنی معلوم است. این تولید به میلیونها تن در سال می‌رسد در حالیکه اگر محصول سالیانه روبیدیم تمام کشورها "با هم جمع شوند" فقط چند ده کیلوگرم خواهد شد و از اینرو روبیدیم در بازار جهانی خیلی گرانبهاست.

جدا از موارد استعمالی که ذکر کردیم بعضی از ترکیبات روبیدیم مانند منگنز، زیرکونیم و فلزات اصیل معرف شیمیائی در شیمی تجزیه‌ای بکار می‌روند. در پزشکی ترکیبات روبیدیم در قرصهای خواب‌آور و داروهائی که برای معالجهٔ صرع مورد استفاده دارند بکار می‌روند.

نمکهای روبیدیم نقش مهمی در ساختمان لامپهای نورافکن، لامپهای تصویر و نیز دیگر لامپهای خلائی ایفا می‌کنند. روبیدیم در به‌وجود آوردن و اختراع بعضی از انواع خلاء نقش getter را بازی می‌کند (ماده‌ای که به‌سیستم ایجاد خلاء اضافه می‌شود تا ناخالصی‌ها را مصرف و یا غیرفعال کند. به‌معنی گیرنده یا جذب کننده). علاوه بر این

روبیدیم در دستگاههائی مانند مغناطیس سنج، تایمر (وقت‌سنج) و فرکانس سنج نقش یک مادهٔ فعال را ایفاء می‌کند.

مدت زمان کوتاهی قبل یک شرکت مهندسی برق آلمانغربی طرحی برای کنترل و افزایش دقت کار ساعتهای قدیمی (ساعتهائی که اغلب برجهای قدیمی بیشتر شهرهای اروپائی را زینت می‌دهند) ارائه داد که در آن طرح از یک رشته روبیدیم استفاده شده بود. بدین ترتیب با به میدان آمدن روبیدیم مکانیزمهای ابتدائی، غیرقابل اعتماد و ناهنجار ساعتهای قبلی کنار گذاشته شد و جای آنها را تایمر اتمی گرفت که دقت کار ساعتها را حتی بیش از چند صدم ثانیه در هر ۲۴ ساعت ضمانت می‌کند و این کار مورد تحسین فراوان قرارگرفت، به‌خصوص وقتی که در ساعتها زنگهای خوش‌آهنگی کار گذاشته شده بود.

با این حال هنوز فیزیک هسته‌ای و مهندسی اشعه لیزر دقت بیشتری را می‌طلبد، چرا که در سفینه‌های فضائی و امثال آن، در حالات معینی انحرافات سنجش وقت به‌طریق علمی نباید متجاوز از چند میلیونیم ثانیه در ۲۴ ساعت باشد. این امر در اتحاد جماهیر شوروی به وسیلهٔ ساعت اتمی مخصوصی که به‌وسیلهٔ ایزوتوپ روبیدیم کار می‌کند کنترل و مراقبت می‌گردد. این ساعت برپایهٔ اصل علمی زیر طراحی شده است: اتمهای یک عنصر شیمیائی می‌توانند انرژی معینی را در مدت زمان معینی جذب یا دفع کنند و این مقدار انرژی و زمان برای هر عنصری ثابت است و تحت هیچ عامل دیگری تغییر نمی‌کند و فقط به ساختمان اتمی آن عنصر بستگی دارد. بدین جهت است که دقت یک ساعت اتمی (کوانتمی) چندین بار بیش از ساعتهای دیگر، حتی نوع کوارتز ـ کریستال که در آن نقش پاندول به‌وسیلهٔ نوسان مداوم صفحهٔ کوارتز اجراء می‌شود، است. دقت این ساعت چنان است که در ابتدای قرن اول میلادی کار گذاشته شده است و تاکنون حتی یک ثانیه هم جلو

و یا عقب نبوده است .

به‌یقین می‌توان اظهار نظر کرد که در سالهای آینده موارد استعمال روبیدیم واقعا" گسترش خواهد یافت . بنابراین استخراج آن نیز باید توسعه یابد . ذخایر طبیعی روبیدیم آنقدر کافیست که این عنصر بتواند بر کرم ، نیکل ، روی ، مس و سرب برتری یابد .

ولی در حقیقت برای اینکار اشکالات و مشکلات معینی وجود دارد و آن اینکه روبیدیم یک عنصر کمیاب است . اگرچه این فلز در بسیاری از صخره‌های کوهها پیدا شده است ولی هیچ مادهٔ معدنی برای خود ندارد . روبیدیم معمولا" همراه با بسیاری از فلزات قلیائی فراوان مثل پتاسیم پیدا می‌شود ولی جدا کردن آن از پتاسیم کار آسانی نیست . علاوه بر میکای لیتیم که قبلا" ذکر شد ، روبیدیم به‌مقدار بسیار ناچیز (از یک صدم تا یک دهم درصد) در کارنالیت (هیدرات مضاعف طبیعی کلرور پتاسیم و منیزیم) موجود است که همراه با عناصر دیگر از آن استخراج می‌گردد . چون ذخایر کارنالیت عملا" پایان‌ناپذیر است ، دانشمندان معتقدند که این مادهٔ معدنی منشاء امیدبخشی برای استخراج روبیدیم می‌باشد .

در قرن پانزدهم در جنگلهای اورال واقع در شهر سول‌کامسکایا (*Sol Kamskaya*) سولی کامسک امروزی (*Soli Kamsk*) که آبخور رودخانهٔ کاما (*Kama*) محسوب می‌گردد ، یک مرکز عمدهٔ صنعت شیمیائی به‌وجود آمد . این ناحیه ثروتمندترین ناحیهٔ معدنی از لحاظ ذخایر کارنالیت ، سیلوینیت (کلرور طبیعی پتاسیم) و دیگر نمکهای پتاسیم می‌باشد . سیلوینیت‌ها اغلب شبیه سنگهای مرمر می‌باشند و به رنگهای مختلف وجود دارند . رنگهای آنها از سفیدی برف تا طیف رنگهای رنگین‌کمان را دربر می‌گیرند . این جسم معدنی در روی بلورهای شفاف بیرنگ کلرور سدیم (نمک طعام) به‌حالت گله‌گله وجود دارد .

همچنین بعضی اوقات نوک بلورهای مکعبی شکل نمک طعام سیاه به‌نظر می‌رسد . چرا گاهی اوقات نمک طعام سیاه رنگ است ؟ گمان می‌رود علت آن مجاورت و تماس این بلورها با روبیدیم ـ ۸۷ (ایزوتوپ رادیو اکتیو روبیدیم) می‌باشد که تشعشعات آن در گذشته در کلرور سدیم تاثیر گذاشته است .

نمکهای روبیدیم به‌صورت محلول در آبهای اقیانوسها ، دریاها و دریاچه‌ها وجود دارند . مقادیر قابل توجهی از این نمکها به‌صورت محلول در آبهای کم عمق نزدیک به‌ساحل ادسا در دریای سیاه یافت می‌شوند و غلظت آنها بیشتر از غلظت این نمکها در آبهای دریای خزر می‌باشد . همچنین نشانه‌های روبیدیم در انواع گیاهان ازقبیل جلبکها ، تنباکو ، برگ‌چای ، دانه‌های قهوه ، نیشکر و ریشهٔ چغندر قند ، انگور و بعضی از مرکبات یافت می‌شود .

ما می‌خواهیم با یک مطلب خنده‌آور به‌داستانمان دربارهٔ روبیدیم پایان دهیم : چند سال پیش مشهورترین مقالهٔ روزنامه شوروی مطلبی با این عنوان نوشت : "از مردان خود محافظت کنید" . اکنون بنا بر نوشتهٔ دایره‌المعارف بزرگ شوروی ، ما نه‌تنها باید از مردانمان محافظت کنیم بلکه باید از آنان به‌عنوان یک گنج نگهداری کنیم ، زیرا خون مردان محتوی روبیدیم بیشتری نسبت به‌خون زنان است . (خون مردان ۰/۰۰۰۳۲ و خون زنان ۰/۰۰۰۲۸ درصد روبیدیم دارد) .

فصل سوم

استرنسیم
(راز کاهنهای بنگال)

Sr

چرا قزاقها مریض می‌شدند . — دهکده‌ای وارد تاریخ می‌شود . — برای‌نتیجه‌گیری‌عجله‌کنید !— امتیازنامه کاهنهای بنگال . — روشنائی در آسمان . — یک شغل "شیرین" . — مشاغل زیادی برای استرنسیم . — یک انفجار در روی بیکینی . — یک ویروس خطرناک . — یک چشم‌انداز خوب . — استرنسیم در ساعت سازی وارد می‌شود . — کارکردن در نقطهٔ دور در جزایر شمالی . — تریستان در آب فرو می‌رود . — یک ژنراتور سحرآمیز . — مشاغل کوچک . — بدون جرقه . — بلورهای آبی . — در سواحل کم‌عمق . — در روزهای گذشته . — طبیعت شتابی ندارد .

در اواخر قرن گذشته قزاقهای منطقه ترانس بایکال (Trans-Baikal) در سیبری به‌ناحیه‌ای از اوروو (Urov) ، که از رودخانه آرگان (Argan) سیراب می‌گردد ، کوچ کردند . این ناحیهٔ جدید دارای زمینهای زراعتی مناسب و آب وهوای خوب بود . با این حال بدبختی بــه مــردم آنــجا روی آورد . چند سال بعد بسیاری از ساکنین دچار بیماری مرموزی شدند که از درد به‌خود می‌پیچیدند و در نهایت ، می‌مردند . سعی و کوشش پزشکان دردی را علاج نمی‌کرد . آنها قادر نبودند علت‌بیماری را کشف کنند . ولی امروزه گروههای اعزامی متشکل از دانشمندان و محققین زیست‌شناسی و شیمی که از طرف آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی مشغول تحقیق و تجسس هستند

دریافته‌اند که عامل انتقال بیماری مزبور استرنسیم[1] بوده است، که به مقدار قابل ملاحظه‌ای در آبهای منطقه محلول بود.

این عنصر خصومت جو و خائن چه بود که از مهاجرین و تازه‌واردین چنین خصمانه و خائنانه پذیرایی کرد؟

استرنسیم، در پایان قرن هیجدهم کشف شد. مبنای نام آن دهکده کوچکی در اسکاتلند به‌نام استرونیتن (Strontian) می‌باشد. (بهتر است توضیح دهیم که به‌واسطه پیدایش این عنصر نام یک دهکدهٔ گمنام وارد صفحات تاریخ شیمی شد). این جریان در سال ۱۷۸۷ هنگامی که یک ماده معدنی کمیاب در نزدیکی دهکده فوق کشف گردید، شروع شد و آنرا *Strontianite* نامیدند. هوپ (*Hope*) و کراوفورد (*Crowford*) دو تن از شیمیدانهای انگلیسی و کلاپروت (*Klaproth*) شیمیدان آلمانی از جمله دانشمندانی بودند که به‌این ماده معدنی جدید علاقمند شدند. مطالعات و تحقیقات آنان نشان داد که این ماده معدنی جدید دارای "خاک" (اکسید) یک فلز ناشناخته می‌باشد.

بزودی، پیشرفت جدیدی به‌وجود آمد: در سال ۱۷۹۲ هوپ دانشمند انگلیسی دلیل متقاعد کننده‌ای مبنی براینکه: این ماده ناشناخته به‌راستی عنصر جدیدی استارائه داد و نام آنرا استرنسیم، گذاشتند. (در ادبیات روسی از آغاز قرن نوزدهم ما با اسامی دیگری مانند استرونتی (Strontiy)، استرونتین (Strontian) و استرونتیان (Strontiyan) برخورد می‌کنیم).

---

۱) استرنسیم ـ عنصریست با وزن اتمی ۸۷/۶۳ و عدد اتمی ۳۸، فلزیست مشابه کلسیم. وزن مخصوص آن ۲/۶ و نقطه ذوبش ۷۵۲°C می‌باشد.م

شاید لوویتز (*T.Lowitz*) شیمیدان روسی اولین کسی باشد که می‌توانست کشف استرنسیم را اعلام نماید. زیرا وی در همان سال ۱۷۹۲ یک "خاک استرونتین" در ماده معدنی باریت *Barytes* کشف کرد. اما برای اطمینان خاطر از کشف خود، تصمیم گرفت قبل از اعلام کشف خود یکبار دیگر تجربیات و تحقیقات خود را تکرار کند و اینکار را براساس اصل "اول نگاه کن، بعدا" ببر" انجام داد و یکسری آزمایشات جدید را شروع کرد. اما وقتی که او در پایان کار خود، آماده بود که مقاله‌اش به‌نام "درباره‌ٔ خاک استرونتین در چشمه آب معدنی سنگین" را منتشر کند، دیگر خیلی دیر شده بود، زیرا تمام مجلات مربوط به‌علم شیمی نتایج مطالعات و کشفیات هوپ و کلاپروت انگلیسی و دیگر دانشمندان را اعلام کرده بودند و گزارش آن به‌روسیه نیز رسیده بود. به‌نظر می‌رسد که قضاوت عمومی مردم روی هم‌رفته آنقدرها هم منصفانه نبوده است.

(شکل ۱۰)

چند سال بعد، در سال ۱۸۰۸ وقتی که دانشمند انگلیسی ه. دوی (H.Davy) موفق شد استرونسیم خالص را از طریق تجزیه این فلز سبک و نقره‌ای رنگ (سبکتر از آلومینیم) ، بدست آورد. دانشمندان برای اولین‌بار، استرنسیم خالص را ملاحظه کردند. ولی آشنایی دانشمندان با این فلز از طریق ترکیبات آن مدتها پیش شروع شده بود.

مدارکی از هند باستان اشاره به‌نورهای قرمز مرموزی می‌کند که بعضی اوقات به‌طور ناگهانی و با نور خیره‌کننده‌ای در معابد تاریک پیدا می‌شدند و در میان عبادت‌کنندگان وحشت ایجاد می‌کردند. طبیعتا " و بلاشک اینکار، کار قادر مطلق، بودا، نبود بلکه کار بندگان واقعی، "کاهنها" بود که مخفیانه نمکهای استرونسیم را با ذغال‌سنگ، سولفور نمک برتولت (Berthallet.Salt) مخلوط می‌کردند و در داخل توپهای کوچک و یا قیفهایی می‌گذاشتند و هر وقت می‌خواستند به‌آرامی و مخفیانه آنرا آتش می‌زدند و بعد از آن قیافه‌های خود را با دستان خود می‌پوشاندند و از دیدن حالات و قیافه‌های وحشت‌زده عبادت کنندگان لذت می‌بردند. احتمال می‌رود که کاهنهای بنگالی "امتیاز" کشف مخلوط نمکهای استرنسیم با عناصر فوق‌الذکر را برای خود گرفته باشند. و این کار در زمانهای بسیار قدیم یعنی زمانی که "چراغ بنگال" (Bengal light) به‌طور عامیانه و معمول در میان مردم بکار می‌ـ رفته، صورت گرفته است.

خصوصیت ترکیبات فرار استرنسیم در این است که آنها با یک تابش قرمز رنگ و مشعشع می‌سوزند و این خصوصیت در بیشتر آتشبازیها در طول‌سالیان دراز بکار برده شده است. به‌عنوان مثال: در روسیه زمان پطر اول و کاترین دوم هیچ روز و موقعیت مهمی بدون استفاده از آن چیزی که "آتشبازیهای کاذب" نامیده می‌شدند برگزار نشده بود. در روزگار ما نیز، نمایشهایی از نورهای قرمز، سبز و زرد در

آسمان غروب روزهای تعطیل بیشتر مرهون تشعشعات استرونسیم است.

اما فقط در سرگرمیها نیست که مهارتهای فن آتشبازی این "فلز نور قرمز" کاربرد و مورد استفاده دارد، بلکه علاوه بر این عرصه‌های مهمتری برای کاربرد آن وجود دارد، یادآوری این نکته ضروری است که چگونه استرنسیم در نجات زندگی و جان بسیاری از مردم در دریاها و اقیانوسها وقتی که یک کشتی در حال غرق و یا دچار حادثه و سانحه‌ای می‌گردد، کمک کرده است، بدین ترتیب که با روشن‌کردن مقداری از ترکیبات آن که روشنائی خیره‌کننده‌ای دارد علامت داده می‌شود تا راه برای نجات دهندگان مشخص گردد.

(شکل ۱۱)

استفاده از استرنسیم به‌عنوان منبع تشعشع نور قرمز، مدت زمان زیادی به‌عنوان تنها مورد استفاده آن به‌شمار می‌رفت. تا اینکه در آغاز

قرن حاضر، شیمیدانان دریافتند که استرنسیم برای تصفیه شکر بسیار موثر و مناسب است. به‌طوری که به‌طور قابل ملاحظه‌ای استخراج شکر را از شیرهٔ قند افزایش می‌دهد. بهرحال چند سال بعد، استرنسیم مجبور شد "شغل شیرینش" را به‌کلسیم که ارزانتر تهیه می‌شود، تسلیم نماید. اما دیرزمانی است که روش تولید شکر از استرنسیم به‌طور جدی توجه همگان را جلب کرده است. به‌نظر می‌رسد بزودی این عنصر دوباره نقش خودش را در استخراج شکر باز خواهد یافت زیرا وجود آن باعث افزایش تولید شکر در حدود ۲۰ درصد می‌شود.

در متالوژی (علم استخراج و ذوب فلزات)، استرنسیم به‌تصفیهٔ فولاد از گازها و بخارات و ناخالصی‌های زیان‌آور کمک می‌کند. استرنسیم در ساختن لعاب شیشه (جهت براق کردن آن)، به‌جای ترکیبات سمی سرب، ترکیباتی که حتی به‌قدر کافی فراوان نیستند، بکار می‌رود. در شیشه‌سازی و نیز ساخت شیشه‌های مخصوصی که برای اهداف معینی کاربرد دارند از اکسید استرنسیم، به‌جای بعضی از مواد گران استفاده می‌شود. بلورهای مصنوعی تیتانات استرنسیم، از نظر درخشندگی و جلوه تابشی و براقیت می‌تواند به‌راحتی با الماس رقابت کند. وجود استرنسیم در سیمان *Portlanol* (نوعی سیمان هیدرولیکی است به شکل‌پودر، به رنگ خاکستری مرکب از آهک، آلومین، سیلیس و اکسید آهن. سیمانهای هیدرولیکی در اثر آب محکم می‌شوند.) دوام و مقاومت آنرا در مقابل رطوبت افزایش می‌دهد. این ماده در ساختن مصالحی که در زیر آب مورد استفاده قرار می‌گیرند، بکار می‌رود و از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. در الکترونیک از استرنسیم برای اکسیده کردن کاتد لامپهای‌الکترونی و نیز به‌عنوان یک مادهٔ جذب ـ کنندهٔ گاز، به‌خصوص برای عایقها استفاده می‌شود. ترکیبات استرنسیم با فسفر مخلوط شده و رنگهای ساختمانی پایداری برای اطاقها می‌سازند.

همچنین ایزوتوپهای روبیدیم و استرنسیم دانشمندان را قادر می‌سازد که با دقت و صحت قابل ملاحظه‌ای عمر و قدمت صخره‌های کوههای ماقبل تاریخ را تعیین نمایند. (ما در این مورد در فصل قبل بیشتر صحبت کردیم).

بدین ترتیب ملاحظه می‌گردد که کارهای کافی برای عنصر شماره ۳۸ جدول مندلیف (استرنسیم) وجود دارد، با وجود این، تمام آنچه که در بالا گفته شد، باید به‌عنوان حوادث مهم و مجزا از هم در تاریخ استرنسیم مورد توجه قرار گیرند. قبل از ذکر مهمترین جنبهٔ فعالیت این عنصر، اجازه بدهید یک حادثه از تاریخ اخیر را که برای مدتی طولانی در مرکز توجه مطبوعات‌جهانی بود یادآوری کنیم.

در ماه مارس ۱۹۵۴ به‌دنبال انفجار یک بمب هیدرژنی آمریکایی چیزی بسیار بزرگ به‌شکل قارچ از مواد انفجاری و آثار آن بزودی جزیرهٔ *Bikini* در جنوب اقیانوس آرام را فرا گرفت. بعد از چند ساعت تکه‌های سفید متمایل به‌خاکستری مواد رادیو اکتیو، مانند آبشاری شروع به‌افتادن روی عرشهٔ یک کشتی ماهیگیری ژاپنی که در آبهای آزاد در حدود ۱۵۰ کیلومتری مرکز انفجار مشغول ماهیگیری بودند، کردند. ماهیگیران دست از کار کشیدند و به‌سرعت به‌طرف شهر راه افتادند، اما خیلی دیر شده بود. بلافاصله پس از رسیدن یکی از مردان مرده بود و بقیه از یک بیماری سخت ناشی از تشعشات رادیو اکتیو زجر می‌کشیدند. استرنسیم ۹۰، یکی از ایزوتوپهای متعدد رادیو اکتیو که در خلال واکنشهای هسته‌ای ناشی از انفجار بوجود آمد،احتمالا" عامل اصلی آن بیماری بوده است.

انفجاری مانند انفجار *Bikini* که دهها تن خاک و سنگ و دیگر مواد زمین و صخره‌ها را به‌آسمان بلند می‌کند، هر ذرهٔ آن پر از محصولات تخریب هسته‌ای استرنسیم ۹۰ بوده و بسیار سمی و خطرناک

می‌باشد و سپس آن مواد به‌سطح کشورها، شهرها، دریاها و اقیانوسها و ... فرو می‌ریزند و شروع به‌شکار افراد بشر و دیگر موجودات زنده می‌کنند. موجودات زنده، مواد رادیو اکتیو را از طریق خوردن میوه و سبزیجات از خاک جذب می‌کنند و همچنین از طریق آب آشامیدنی و از گوشت، شیر و حیواناتی که در علفهای آلوده به‌استرنسیم ۹۰ می‌چرند جذب می‌کنند. آنها به‌تدریج در بدن انسان ذخیره شده به‌مرکز بسیار خطرناک تبدیل می‌شوند که تاثیر مرگ‌آوری روی بافتهای استخوان و مغز استخوان و خون می‌گذارند.

بشریت مترقی، از هیچ کوششی برای رسیدن به‌یک حکم توقیف آزمایشات اتمی و هیدروژنی مضایقه نکرده است. میلیونها تن از مردم جهان، موافقتنامه بین‌المللی توقیف و منع آزمایشات هسته‌ای در جو زمین و فضای بیرونی آن و یا در زیر آب را که در سال ۱۹۶۳ در مسکو امضاء شد، تحسین کردند. بهرحال این بدان معنی نیست که‌رادیو- اکتیو استرنسیم از قلمرو فعالیت بشر ناپدید می‌شود. توسعهٔ قدرت هسته‌ای، امکانات وسیعی را برای استفاده صلح‌آمیز از رادیو اکتیو استرنسیم در علوم و مهندسی فراهم می‌آورد. و این همان عرصه‌ایست که ممکن است موارد استعمال آن نامحدود باشد.

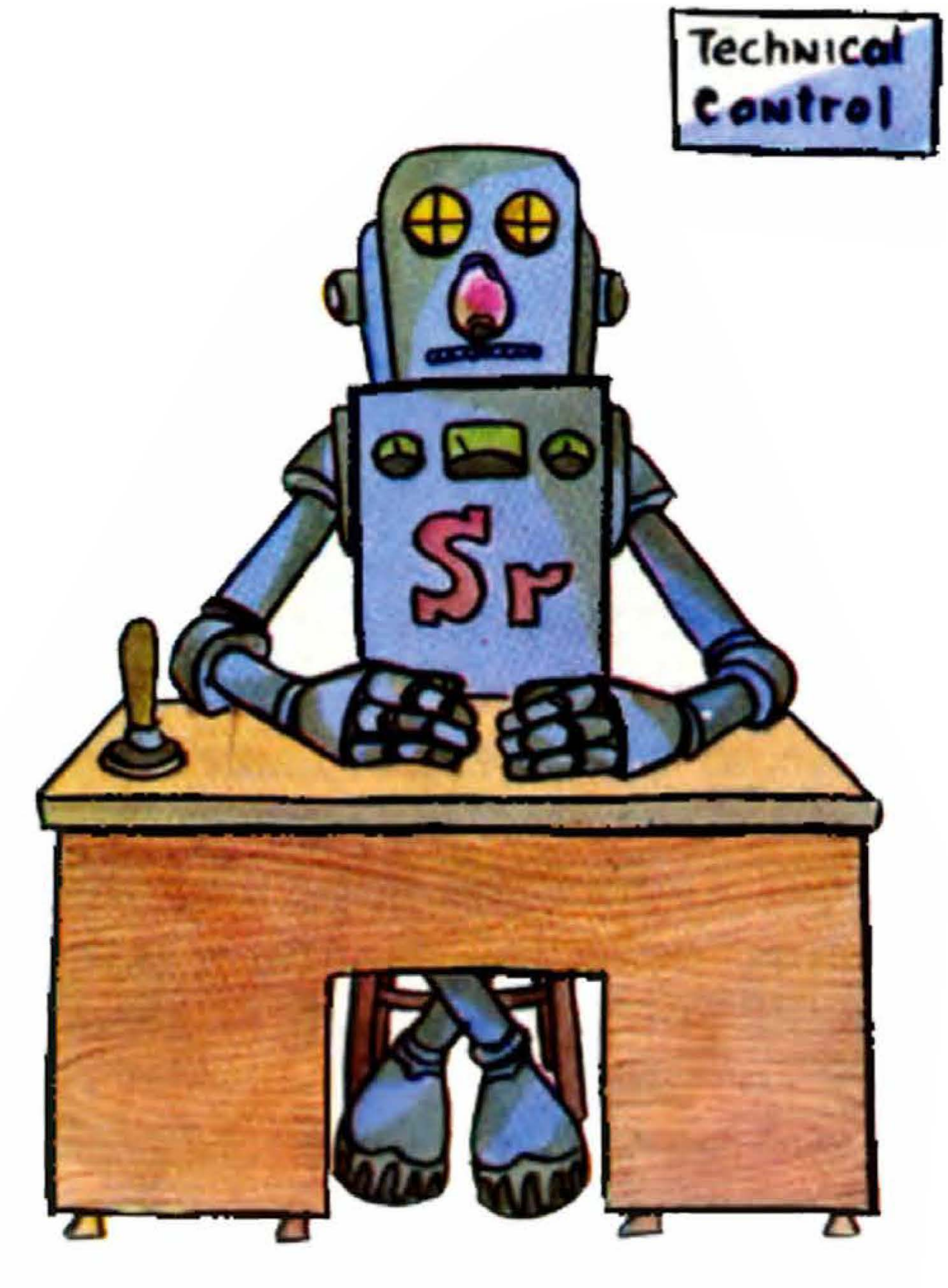
یکی دیگر از عرصه‌های امیدبخش کاربرد رادیو اکتیو استرنسیم در باطریهای هسته‌ای، در ساختمان موشکهای فضایی و اقمار مصنوعی است. این نوع باطریها، براساس استفاده از انرژی حاصل از آزادی الکترونهای اتم استرنسیم ۹۰ ساخته می‌شوند. انرژی زیادی که در هنگام آزاد شدن الکترونها حاصل می‌گردد به‌الکتریسیته تبدیل می‌شود. سلولهای استرنسیم رادیو اکتیو در یک باطری به‌بزرگی قوطی کبریت به‌طور سودمند و موثر به‌مدت ۱۵ تا ۲۵ سال بدون شارژ دوباره کار می- کنند.

باطریهای هسته‌ای بدون شک در آینده در مهندسی تلفن و رادیو و . . . کاربرد پیدا خواهند کرد . درحال حاضر کارخانجات ساعت‌سازی سوئیس، باطریهای ریز استرنسیم را در ساعتهای دیواری و مچی با موفقیت نصب کرده‌اند .

در ایستگاههای اتوماتیک تحقیقات فضایی در بیابانها ، نواحی قطبی و کوهستانها ، منابع ساده و عملا " پایان ناپذیر تولید نیروی برق ضروری هستند . در کانادا ، در یک جزیره شمالی دور دست ، جائی که دسترسی به آن بسیار مشکل می‌باشد یک ایستگاه هواشناسی نصب شده است که برای یک دوره بهره‌برداری ۲ یا ۳ ساله بدون حضور در نظر گرفته شده است ، منبع انرژی آن استرنسیم رادیو اکتیو است که فقط شامل ۴۰۰ گرم استرنسیم ۹۰ پوشانیده شده در یک آلیاژ سه‌لایه مخصوص می‌باشد و به‌وسیله یک پرده سربی محافظت می‌شود . لوازم داخلی ایستگاه در یک استوانهٔ فولادی به‌ارتفاع ۲/۵ متر و قطر ۰/۶۵ متر و وزن تقریبا " یک تن قرار داده شده است .

یک پیشرفت جالب دیگر ، باطری ترمو الکتریک استرنسیم است که به‌وسیلهٔ شرکت زیمنس (Siemens) آلمانغربی طرح‌ریزی شده و برای تحقیقات علمی در آبهای عمیق در نظر گرفته شده است . این باطری اگرچه بزرگ نیست اما وزن آن به‌علت پوشش ضخیم سربی‌اش ۱/۴ تن می‌باشد و این صرفا " به‌خاطر محافظت انسانها و نیز جانوران آبزی به طور قابل اعتمادی از تاثیرات تشعشع استرنسیم آن است .

یک منبع تولید انرژی‌برق از استرنسیم در اتحاد شوروی برای ایستگاههای هواشناسی اتوماتیک طرح‌ریزی شده‌است که Beta-c نامیده می‌شود و ده سال ضمانت کار مفید دارد . این باطری در نمایشگاه لایپزیگ (Leipzig) ، برنده یک جایزه طلایی شد . اولین نوع از این سری باطریها در ایستگاههای هواشناسی در ناحیه ترانس بایکال و نیز در



(شکل ۱۲)

مناطق غیرقابل دسترس رودخانه کروچینا در تایگای سیبری نصب شده است .

هر روزبرتعدادوسایل و مکانیسمهایی که توسط نیروی رادیو ـ اکتیو استرنسیم راه‌اندازی و بهره‌برداری می‌شود افزوده می‌گردد و از آن جمله می‌توان وسایل اندازه‌گیری ضخامت را که در صنایع کاغذسازی، پارچه بافی ، تراشکاری بکار می‌رود ، تولید فیلمهای پلاستیکی ، رنگرزی، لعاب‌کاری و همچنین وسایل اندازه‌گیری وزن مخصوص، چسبندگی و غیره را نام برد. علاوه بر اینها کاربرد نیروی استرنسیم در دستگاههای عیب‌یاب ، وسایل بصری تشعشعی و علائم اخطاری مختلف مشاهده می ـ گردد .

برج دیده‌بانی اتمی در تالین (*Tallin*) ، که مانند یک شمع قرمز در روی دریا ، در ابتدای بندر تالین واقع در دریای بالتیک می ـ

درخشد، به‌وسیله باطری استرنسیم راه‌اندازی و کنترل می‌شود. این دستگاه گرما را تبدیل به‌نور می‌کند، جالب اینکه هیچ نگهبانی و هیچ "فانوس دریائی" آنرا نگهداری و کنترل نمی‌کند. فقط لوازم آن چند بار در سال به‌وسیلهٔ متخصصین بازرسی می‌شود و این تمام قضیه است.

اغلب در مهندسی ماشین‌آلات یک سیستم ایمنی با استفاده از یک (تقویت کننده) "رله کننده ـ بتا" (*Beta-relay*) نصب می‌شود که تا وقتی دستگاه سالم نیست و یا ابزار آلات سرویسکاری در روی آن مانده و یا دست یا پای کسی در معرض خطر باشد به‌طور اتوماتیک دستگاه را کنترل می‌کند و کارهای کوچکی از این قبیل، سیستم کار آن بسیار ساده است. برای این منظور یک میکرو شارژر استرانسیم که در داخل یک محفظه سربی پوشیده شده است، کار گذاشته می‌شود. محفظه آن فقط یک سوراخ بسیار کوچک دارد و از آن اشعهٔ بتا تشعشع می‌کند. (جریان الکترون) میزان اشعه‌ای که پخش می‌کند ۲۰۰ بار کمتراز "میزان ایمنی" می‌باشد. تا وقتی که ابزاری در معرض دید اشعهٔ بتا مانده باشد و یا کسی جلو و یا زیر آن برود و حتی اگر کوچکترین خلاٴ در مسیر دید اشعه بوجود بیاید رله اجازه کار به‌دستگاه و ماشین را نمی‌دهد. اما اگر مته‌ای بشکند و در داخل دستگاه بیفتد و یا قسمتی از دستگاه بشکند که خارج از "میدان دید" جریان اشعه بتا باشد در آن صورت سیستم اعلام خطر گازی بکار می‌افتد و بدین ترتیب "رله کننده بتا" عمل می‌کند. به این ترتیب با از کارافتادن‌دستگاه، چراغ اعلام خطر روی صفحهٔ ارسال پیام روشن می‌شود و محل شکستگی یا تکه شکسته را نشان می‌دهد.

در صنایع تولید کاغذ، پارچه، الیاف مصنوعی، پلاستیک و غیره در اثر اصطکاک، بارهای الکتریکی بالای چندین هزار ولتی بوجود می‌آید که خیلی خطرناک است، زیرا ناگهان جرقه زده و آتش‌سوزی به‌راه می ــ اندازد. تا این اواخر برای جلوگیری از چنین پیشامدهایی هوای آنها را

توسط دستگاههای بسیار پیچیده بزرگ و گران با اشعه ماوراء بنفش یا اشعهٔ ایکس (X) یونیزه می‌کردند ولی در حال حاضر به‌جای آن از یونیزه کننده‌های استرنسیم استفاده می‌گردد که نه‌تنها گران تمام می‌شوند بلکه مثل سابق به‌ولتاژهای بسیار بالایی هم نیاز ندارند. کار این دستگاهها ساده است، آنها بهم فشرده و کوچک و بادوام هستند. طرح جدید امکان افزایش تولید محصولات کارگاههای بافندگی را چندین برابر ساخته است که بدین وسیله هم مقدار ضایعات و تلفات کم شده است و هم کیفیت کار بالا رفته است و ازنخ‌نماشدن‌وغیره... جلوگیری به‌عمل می‌آید.

بنابراین استرنسیم صلح‌جو راه خود را در صنعت هموار می‌سازد و نیاز بدان روز بروز افزایش می‌یابد. آیا طبیعت قادر خواهد بود نیاز بشریت را به‌این عنصر برآورده نماید؟

مواد معدنی که شامل استرنسیم می‌باشند کمیابند. استرنسیم فقط در ماده معدنی استروتیتانیت (کربنات طبیعی استرنسیم) و سلستین[1] (Celestine) پیدا می‌شود که بعضی اوقات به‌صورت ذخیره‌های نسبتا" بزرگی وجود دارند. آنچه در زیر می‌آید چگونگی پیدا کردن سلستین توسط شیمیدان و معدنشناس برجسته شوروی، آکادمیسین فرسمان (Feresmann)است‌که‌خود وی شرح می‌دهد:".. من در یک شکستگی صخره، ناگهان یک بلور آبی‌رنگ دیدم، اوه، آن یک بلور سلستین واقعی بود! یک بلور آبی رنگ شفاف و عجیب، مانند یاقوت کبود و صاف و روشن‌سیلان، شبیه یک گل گندم طلائی رنگ، ظریف و لطیف".

---

۱) از سلستین آبی در رنگ کردن نمونه‌ها و بافتهای بیولوژیکی استفاده می‌شود. م

(شکل ۱۳)

آبی، تنها رنگ سلستین نیست. رنگهای دیگر آن بارها در شکاف صخره کوهها به‌صورت بلورهای بنفش کمرنگ مایل به‌صورتی و یا سیاه دودی پیدا شده‌اند. یکی از بلورهای آن که فوق‌العاده زیبا است به رنگ زرد کهربایی آراسته و مزین شده با بلورهای مایل به‌سبز می‌باشد.

سلستین‌ها در طبیعت به‌اشکال مختلف بوجود می‌آیند. یکی از آنها را آکادمیسین فرسمان (دانشمندی که قبلا" یکی از مشاهداتش را ذکر کردیم) برای ما نقل می‌کند:

"... در طلوع یکی از روزهای چند ده میلیون سال پیش، امواج دریای Upper Jurassic (دورهٔ زمین شناسی ژوراسیک) به‌طرف محدودهٔ بزرگی از قفقاز پیشروی کرده، سپس امواج فوق به‌سرعت به‌روی آب برگشتند."

در نواحی کم‌عمق ساحلی، در روی سنگها، موجودات ریز بیشماری به‌نام رادیو لاریا (Radio Laria) زندگی می‌کردند، آنها

روی سنگها و گروههایی از مرواریدهای زیبا و یا حتی روی برگهای گیاهان دریایی می‌نشستند و یا پا به‌پای آنها در بستر دریاها می‌گشتند. آنها همان *Radialaria-acantharia* های معروف بودند که استخوان‌بندی آنها شامل مهره‌های ریزی می‌باشد (در حدود ۱۸ — ۳۲ مهره). این جانوران ریز در طول زندگی خود نمک سولفات استرنسیم را از آب دریا گرفته و به‌تدریج ساختمان بلورین مهره‌های خود را می‌ساختند. و به‌این علت ترکیب مهره‌های آنها دارای استرنسیم بود.

"بعد از مدتها این جانوران از بین رفتند و مرده‌های آنها در آب دریاها باقی ماندند و بدین ترتیب ذخایر استرنسیم افزایش یافت و از اینجا تاریخ استرنسیم شروع شد...

اینرا نیز اضافه کنیم که جانوران آبزی دیگری در آنجا زندگی می‌کردند که همین عمل جذب استرنسیم و ذخیره‌نمودن آنرا انجام می‌دادند، که باقی‌مانده‌های آنها سلستین است. دانشمندان صدفهای حلزونی شکلی را از جانوران نرم‌تن ماقبل تاریخ پیدا کردند که از سلستین ساخته شده بودند و بعضی از آنها در حدود ۴۰ سانتیمتر طول داشتند.

مواد باقی‌مانده از آتشفشان در ذخایر رسوبی نسبتا" بزرگی در مناطق دیگر از جمله در بیابانهای کالیفرنیا و آریزونای آمریکا پیدا می‌شوند. (شاید این امر حقیقت داشته باشد که استرنسیم آب و هوای گرم را دوست دارد و به‌همین دلیل غالبا" در نواحی شمالی پیدا می‌شود). در دوران سوم زمین‌شناسی ناحیه مزبور محل فعالیت شدید آتشفشانی بوده است. آبهای گرم و معدنی که با انفجار به‌همراه گدازه‌ها از عمق زمین بیرون می‌آمدند دارای استرنسیم فراوان بودند. دریاچه‌هائی که در میان کوههای آتشفشان قرار گرفته‌اند، به‌مقدار قابل ملاحظه‌ای حاوی استرنسیم هستند.

همچنین آبهای Kara-Bogaz-Gol (تنگهٔ دریای سیاه) متصل به دریای خزر حاوی استرنسیم هستند. در آنجا تبخیر دائمی آب باعث افزایش غلظت نمک در آب می‌گردد. وقتی که غلظت آنها در آب به‌درجه اشباع می‌رسد شروع به‌ته‌نشین شدن می‌کنند و این رسوبات گاهی اوقات محتوی یک یا دو درصد استرنسیم می‌باشند.

چندین سال پیش دانشمندان زمین‌شناس شوروی ذخیرهٔ رسوبی نسبتا" زیادی از سلستین در کوههای ترکمنستان واقع در آسیای میانه شوروی پیدا کردند. رگه‌های آبی این مادهٔ معدنی با ارزش در دامنه‌های دره‌ای تنگ و عمیق در رشته کوه Kushtangtau در بخش جنوب غربی ناحیه Pamiro-Alaya رسوب کرده‌اند. انتظار می‌رود این سنگهای معدنی و با ارزش ترکمنستان نقش بسیار خوبی در اقتصاد ملی ما داشته باشند.

طبیعت عجله‌ای برای انجام کاری ندارد، میلیونها سال پیش شروع به بوجود آوردن ذخایر استرنسیمی نمود که ما امروز آنها را پیدا می‌کنیم. حالا نیز مانند آن روزها، مراحل پیچیده اعمال شیمیایی ادامه دارد و گنج جدیدی در عمق زمین، زیر آبهای دریاها و اقیانوسها، در حال ذخیره شدن است. این گنج هدیهٔ طبیعت برای نسلهای آینده خواهد بود.

فصل چهارم

ایتیـــریـــم
(کشفی در یک معدن متروکه)

Y

ساعت پیروزی آرهنیوس. —
یک خاک مرموز. — سالهای کافی. — چرا خاک زرد شد. —
صفحه‌ای جدید در بیوگرافی. — فاش شدن یک مخفی شده. —
به‌خاطر حق تقدم. — سه‌قلوهای موساندر —
"هیجان" خاکهای کمیاب. — آلدبرانیوم وبخش آن. —
۱۵۰۰۰ بار تبلور. — تقریبا" همنامها. —
"مسئله مسکن". — چه‌چیزی بعد از دو قرن روشن شد. —
لامپی که با کبریت روشن می‌شود. — "پنجره‌هائی" برای موشکها. — پیشرفت در تلویزیونهای رنگی. — یک ویتامین برای چدن. — آیا عناصر کمیاب خاکی، کمیابند. —
به‌افتخار یوری گاگارین.

در سال ۱۷۸۷ کارل آرهنیوس، یک ستوان ارتش سوئد تصمیم گرفت که تعطیلات خودش را در دهکده‌ای به‌نام ایتربی (Ytterby) واقع در یکی از جزایر متعدد نزدیک پایتخت این کشور یعنی استکهلم بگذراند. وی تصادفا" این دهکده را انتخاب نکرده بود: این معدن ـ شناس آماتور خوب می‌دانست که در نزدیکی این دهکده یک معدن سنگ خالی و از مدتها پیش متروکه وجود دارد، وی امیدوار بود که سنگهای معدنی مختلفی برای پر کردن کلکسیون‌اش در آنجا پیدا خواهد کرد. آرهنیوس روزها به‌مطالعهٔ دقیق دربارهٔ نواحی جدید معدن سنگ پرداخت، اما مدتها چیزی برای ارائه‌دادن نداشت، تا اینکه یک روز او

یک سنگ سیاه سنگین شبیه به‌ذغال سنگ معمولی را پیدا کرد و بدین ترتیب پاداش کار خودش را گرفت. اما با این همه نمی‌دانست، که آن چه‌نوع سنگی است و اسمش چیست و فقط برای خودش خوش بود و نمی‌توانست پیش‌بینی کند که این‌سنگ معدنی در آینده نقش عمده‌ای در تاریخ شیمی بازی خواهد کرد و نام و نشانی از او در تاریخ خودش باقی خواهد گذاشت.

وقتی تعطیلات آرهنیوس تمام شد او شرح‌حال مختصری از سنگ معدنی جدید نوشت و در نوشتهٔ خود بدون هیاهو آنرا به‌افتخار دهکده مزبور ایتربیت (*Ytterbite*) نامید و به‌سر خدمت خود بازگشت. وی گاهگاهی به‌جستجو و مطالعه در علم معدن‌شناسی می‌پرداخت ولی وقت پیروزی او تقریبا " گذشته بود.

در سال ۱۷۹۴ ایتربیت توجه شیمیدان فنلاندی، پرفسور گادولین *Gadolin* از دانشگاه *Abo* (دانشگاه *Turku* امروزی) را به‌خود جلب کرد. ایتربیت برای این دانشمند آینده روشنی را به‌ارمغان آورد. بدین‌ترتیب او توانست برای خط مشی آیندهٔ خود تصمیماتی بگیرد. وی بعد از مدتی در سال ۱۸۱۱ به‌عنوان عضو علی البدل آکادمی علوم پطرزبورگ انتخاب شد. گادولین سنگ مزبور را تجزیه کرد و مادهٔ ناشناخته‌ای را به‌مقدار قابل ملاحظه‌ای (۳۸ درصد) همراه با اکسیدهای آهن، کلسیم، منیزیم و سیلیسیم مشاهده نمود که بعضی از خواص آن مانند آلومینیوم و بعضی دیگر شبیه کلسیم بود. وی حدس زد که این ماده ناشناخته اکسید یک عنصر شیمیائی جدید است، که مانند اکسیدهای خیلی نرم بعضی از عناصر، نامحلول می‌باشد.

سه سال بعد یک شیمیدان سوئیسی به‌نام آندرس اکبرگ (*Anders Ekeberg*) پروفسور دانشگاه آپسالا *Uppsala* مطالعه درباره‌ایتربیت را ادامه داد و اظهارات و نتیجه‌گیریهای همکار فنلاندی

خود را تایید نمود. اما وی مایل بود فکر کند که مقدار عنصر جدید ناشناخته در سنگ مزبور ۵۵/۵ درصد است نه ۳۸ درصد. او پیشنهاد کرد که این عنصر جدید باید ایتریم[1] (*Yttrium*) نامیده شود وایتربیت باید دوباره نامگذاری شود و به‌احترام اولین پژوهنده خود گادولین و به پاس خدمات بزرگ او به علم، گادولینیت نامیده‌شود.

در میان محافل علمی علاقه به‌مطالعه خاک ایتریم همزمان افزایش یافت به‌طوری که مطالعات متعددی در کشورهای مختلف شروع شد که تایید می‌کرد که گادولینیت در حقیقت دارای یک عنصر جدید می‌باشد و به‌دنبال این مطالعات بعضی از خصوصیات ایتریم اعلام گردید ولی همه آنها متفاوت بودند. تمام محققین معتقد بودند که ایتریم اکسیدهای عناصر ناشناختهٔ دیگری را در خود پنهان دارد.

درسال ۱۸۰۳ خاک سریم (*Cerium*) که‌به‌نظر می‌رسید دارای ترکیبات بسیار پیچیده‌ای باشد کشف گردید و بعدها تقریبا "تمام فلزات و عناصر کمیاب خاکی که در جدول مندلیف درخانه‌های ۵۷ تا ۷۱ قراردارند در دو معدن خاکی کشف گردیدند. این گروه از عناصر را لانتانیدها نامیدند. لانتانیدها همراه با "خویشاوندان" نزدیک خود یعنی اسکاندیم (*Scandium*، شماره ۲۱) و ایتریم (شماره ۳۹) خانواده مشترکی را تشکیل می‌دهند که به‌نام "فلزات کمیاب خاکی" نامیده می‌شوند. برای تجزیه کامل خاک ایتریم و سریم و کشف عناصر دیگر همراه آنها به‌یک قرن تمام نیاز بود.

با پیشرفت علم و شروع قرن نوزدهم عناصر جدیدی از جمله:

---

۱) ایتریم ـ عنصریست با وزن اتمی ۸۸/۹۰ و عدد اتمی ۳۹، فلزی به‌رنگ خاکستری تیره، وزن مخصوص آن ۴/۴۷ و نقطه ذوب آن $1500°C$ است. م

پالادیم (Polladium ، ۴۶) ، رودیم (Rhodium ، ۴۵) ، اوسمیم (Osmium ، ۷۶) ، ایریدیم (Iridium ، ۷۷) ، پتاسیم (شماره ۱۹) ، سدیم (شماره ۱۱) ، باریم (شماره ۵۶) ، استرنسیم (شماره ۳۸) ، کلسیم (شماره ۲۰) ، منیزیم (شماره ۱۲) ، لیتیم (Lithium ، ۳۵) و کادمیم (Cadmium ، ۴۸) کشف گردیدند که این عناصر جدید و دیگر عناصر "تازه متولد شده" توجه اغلب دانشمندان را به‌خود جلب کرد و علاقه به‌خاک ایتریم و سریم به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت.

احتمالا" فقط شیمیدان مشهور سوئیسی به‌نام برزیلیوس (Bergelius) و شاگردانش هنوز مجذوب فلزات کمیاب بودند. در سال ۱۸۱۸ "Scherer" یکی از دستیاران برزیلیوس کشف کرد که وقتی خاک ایتریم که‌معمولا" به‌صورت پودربیرنگی می‌باشد در ظرف سربسته و مهر و موم‌شده گرم شود رنگ زرد عجیبی بدست می‌آید که‌دوباره بعد از تقلیل فشار اتمسفری به‌حالت اولیه‌خود بازمی‌گردد ، وازاین‌مسئله Scherer نتیجه‌گرفت که همراه با ایتریم ماده‌ای دیگر است که شامل یک اکسید ناشناخته می‌باشد و علت زرد شدن خاک‌ازآن‌است. این نظریه‌قبلا" نیز اظهارشده‌بودلیکن در آن موقع مورد توجه قرار نگرفته بود. Scherer هم نمی‌توانست عقیده‌اش را به‌طور تجربی ثابت نماید.

بعد از چند سال، در سال ۱۸۲۸ صفحه جدیدی به‌شرح حال ایتریم افزوده شد: فردریک وهلر (Friearich-Woehler) یکی دیگر از شاگردان برزیلیوس موفق شد ایتریم فلزی را بدست آورد. اگرچه این فلز پر از ناخالصی بود اما با این وجود ، این عمل به‌مثابه برطرف شدن یک مانع از زمان تجزیه هریک از عناصر کمیاب خاکی جدول مندلیف‌مورد توجه قرار گرفت ، زیرا اینکار حتی امروز نیز کاری فوق‌ــ العاده دشوار است.

صفحه‌بعدی‌درتاریخ‌ایتریم وبه‌عبارت دقیقتردرتاریخ‌تمام عناصرکمیاب

Ba
Yttrium earth

خاکی (که زندگی آنها خیلی نزدیک و شبیه بهم و نیز در ارتباط با هم می‌باشد) توسط یکی‌دیگر از شاگردان برزیلیوس به‌نام کارل موساندر (Karl Mosander) که یک شیمیدان با استعداد سوئدی بود ورق زده شد. در سال ۱۸۲۶ او به‌طور جدی به‌خاک سریم علاقه‌مند شد و خواست سریم را نیز مثل ایتریم بدست آورد، که احتمال می‌داد آن نیز همراه یک اکسید ناشناخته باشد. ولی وی عادت نداشت در کارش عجله کند، و وقتی در اینکار نتوانست موفق شود از مطالعات‌اش درباره اکسیدهای سریم و همراهان آن منصرف شد تا اینکه در سال ۱۸۳۰ دوباره کارش را از سر گرفت.

او آزمایشات و تحقیقات قبلی خود را با خاک سریم تکرار نمود و اکنون قادر بود نظریهٔ خود را که آن خاک در حقیقت دارای یک اکسیداز عنصری‌دیگربود، ثابت‌نماید. بنا به‌پیشنهاد برزیلیوس، موساندر نام‌این عنصر جدید را لانتانوم Lantanum نامید (لانتانوم در زبان یونانی یعنی پنهان شده) و در حقیقت نیز لانتانوم مدت زیادی را به‌طور پنهانی پشت سر سدیم گذرانده بود. اما بعدها برای جبران آن، مهمان نوازی بی‌سابقه‌ای نشان داد و تمام خویشاوندان عناصر کمیاب خاکی را به‌خانه‌اش راه داد و به‌آنها اجازه داد که لانتانید نامیده شوند.

موساندر علاوه بر اکسید لانتانوم ماده دیگری را در خاک سریم کشف کرد وسپس معلوم شد که خاک سریم دارای چند عنصر کمیاب خاکی دیگری نیز می‌باشد، که بعدها از آن استخراج شدند. حال به‌خاک ایتریم بپردازیم. موساندر روزهائی را که این عنصر در آزمایش Scherer در ظرف سربسته‌و مهرموم شده، تبدیل‌به‌پودرزرد رنگ‌شده‌بود به‌خاطرداشت‌ونیزهرگزتفاوت‌ارقامی‌راکه‌نشانگرنسبت‌مقداراکسید ایتریم در ماده معدنی گادولینیت، در طی آزمایشات گادولین، اکبرگ

و بسیاری از پژوهشگران دیگر بود علیرغم اینکه آنها متدهای مشابهی در تجزیه بکار برده بودند ،فراموش نمیکرد .دراین‌جایک‌مسئله‌مبهم بود و برای حل آن باید بیشتر فکر می‌شد ، به‌خصوص وقتی که کسی بداند که حتی خود برزیلیوس از توضیح علل تفاوت ارقام ، ناتوان بود .

اما علل تفاوت ارقام فوق کجا باید باشد؟ برای یافتن‌جواب ، موساندر قبل از همه سعی کرد تا آنجائی که امکان دارد یک نمونه خالص از اکسید ایتریم را تهیه کند . برای اینکار او از روشهای عملی که قبلا" میدانست راضی نبود ، بنابر این درصدد بکار گرفتن روش جدیدی مخصوصا" برای آزمایشات خودش برآمد که بعدها همان روش برای مطالعهٔ عناصر کمیاب خاکی به‌عنوان یک روش اساسی مورد قبول قرار گرفت .

موساندر برای جدا کردن خاک ایتریم از اکسیدهای دیگر ،از شیوهٔ ته‌نشین کردن تک‌تک ترکیبات موجود براساس اختلافات و تفاوتهای جزئی که در قابلیت حل نمکهای عناصر کمیاب در اسیدهای مختلف وجود دارد استفاده کرد . زیرا اگر کسی مطمئن باشد که خاک ایتریم مخلوطی از اکسیدهای عناصر دیگر است باید اکسیدهای موجود را تک تک و به نوبت ته‌نشین کند .

روزها به‌هفته‌ها و هفته‌ها به‌ماهها کشیده شد و موساندر همچنان به‌افزودن تدریجی و ذره ذرهٔ اگزالات پتاسیم و آمونیاک و معرفهای دیگر به‌هیدرات ایتریم ادامه می‌داد ، یک آزمایش و تجربه سختی به وسیله آزمایش دیگری دنبال می‌شد و بالاخره در اکتبر سال ۱۸۴۳ موساندر موفق شد نتایج آزمایشات خود را انتشار دهد .

معلوم شد که خاک ایتریم دارای سه اکسید بوده است : موساندر در جریان ته‌نشین نمودن تدریجی و جدا ـجدای سه اکسید ، ابتدا رسوب زرد رنگی بدست آورد که نام آنراتربیوم (Terbium)

گذاشت و سپس یک رسوب مایل به‌صورتی به‌نام اربیم (*Erbium*) و در پایان یک رسوب بیرنگ بنام اکسید ایتریم بدست آورد (در انتخاب اسامی *Yttrium* ، سه حرف اول اسم دهکده، *Terbium* حرف وسط از اسم دهکده و *Erbium* حرف وسط و آخر از اسم دهکده، به‌افتخار دهکده *Ytterby* انتخاب شده است) .

اما هنوز زود است‌که فکر کنیم که جواب سئوال خاتمه یافته است : مباحثهٔ جالب و زنده‌ای بر سر گروه عناصر سه‌تائی موساندر درگرفت که در آن خیلی از دانشمندان مهم شرکت کردند، بعضی‌ها در کشف عناصر جدید در خاک تردید داشتند، دیگران اصرار داشتند که اکسیدهای کشف شده بایستی به‌عناصر مستقل و ناشناخته‌ای تجزیه گردند تا نظریه مزبور اثبات شود. در هرحال حقیقت در جائی بین دو بینهایت قرار دارد. علاوه براین معلوم گردید که اربیم مخلوطی از اکسیدهاست. در سال ۱۸۷۸ شیمیدان سوئیسی به نام *Marignac* توانست آنرا به‌دو قسمت جداگانه اربیم وایتربیم تقسیم کند. اما بزودی معلوم شد که هرکدام از آنها مخلوطی از اکسیدهاست.

جدا کردن خاکها به‌اکسیدهای جدید همچنان ادامه داشت و خانواده لانتانیدها هر روز رشد می‌کرد، همراه با آن نیز علاقه به‌عناصر کمیاب خاکی زیاد می‌شد. روش تجزیه طیفی که به‌وسیله روبرت بنزن و گوستاو کیرشهف توسعه یافته بود، امکانات به‌مراتب وسیعتری برای کشف عناصر جدید کمیاب خاکی و گشودن راز خانواده لانتانیدها فراهم آورد.

درست وقتی که هزاران پژوهنده در کالیفرنیا و کُلُندیک در ربع آخر قرن نوزدهم در سواحل "مجمع‌الجزایر خاکهای کمیاب" در جستجوی گنجهای شیمیائی بودند، هجوم همگان برای مطالعه و تجزیه خاک زرد رنگ اکسید تربیوم شروع شد. به‌نظر می‌رسید که برای اکتشاف

عناصر جدید کمیاب خاکی پایانی نباشد. (تعداد بیش از صد عنصر بودند) ولی متاسفانه چندتا از آن عناصر دارای خصوصیات مساوی و برابر بودندواین‌امرتعیین جائی دائمی در جدول مندلیف را برای آنها مشکل میکرد. اما به تازه متولدین اسامی زیبائی از طرف "والدین" خوشبخت آنها داده شد: *Damarium*، *Metacerium*، *Demonium*، *Decipium*، *Philippium*، *Victorium*، *Glaucodidymium*، *Neocosmium*، *Cosmium*، *Lutium*، *Aldebaranium*، *Incognitum*، *Carolinium*، *Euxenium* و حتی *Cassiopeium* و ... امروزه این اسامی که صدایشان در همه جا پیچیده فقط می‌توانند در لیستهای کشفیات مصنوعی پیدا شوند.

اما خوش‌شانسی‌هائی هم وجود داشت. ازتجزیه‌خاک‌اربیوم علاوه بر خود اربیوم عناصر *Thulium*، *Holmium* و *Dysprosium* استخراج‌شدند، وازتجزیهٔ خاک *Ytterbium* علاوه بر خود *Ytterbium* عناصر *Scandium* و *Lutecium* نیز استخراج شدند. لازم به‌توضیح است که یک شیمیدان فرانسوی به‌نام *George Urbain* برای تجزیه *Lutecium* مجبور بود بیش از ۱۵۰۰۰ بار عمل تبلور انجام دهد. و بدین ترتیب طبیعت اسرارش را اجبارا" برای انسان فاش می‌کند و تسلیم می‌شود *Lutecium* آخرین عنصر از سری عناصر کمیاب خاکی بود که در سال ۱۹۰۷ کشف گردید و با انطباق عجیبی در آخر ردیف لانتانیدها قرار گرفت.

بدین ترتیب تمام عناصر کمیاب خاکی بالاخره کشف شدند. اجازه بدهید بعضی از نتایج گفتارمان را جمعبندی کنیم: یک دهکدهٔ کوچک سوئدی، جائی که ستوان *Arrhenius* در آنجا یک سنگ سیاه معدنی پیدا کرده بود، قسمتی از نام خودش را به چهار عنصر شیمیائی واگذار کرد (ایتریم، تربیوم، اربیوم و ایتربیوم). چنین افتخاری

(شکل ۱۵)

تاکنون نصیب هیچ قاره، کشور و یا پایتختی نشده است و بدین ترتیب اسم یک دهکده‌گمنام وارد تاریخ شیمی می‌گردد. علاوه بر آن خود همان سنگ معدنی سیاه که در اول ایتربیت وسپس گادولینیت نامیده شد نیز دارای چنین افتخار قهرمانی شد زیرا حاوی چندین عنصر از عناصر کمیاب خاکی بود.

لازم به‌توضیح است که جا دادن ایتریم و دیگر عناصر کمیاب خاکی در جدول تناوبی برای مندلیف کاملا" یک مسئله بود. وقتی که قانون تناوبی عناصر کشف شد علم فقط با شش عنصر از مجموعه عناصر کمیاب خاکی آشنا بود و پیدا کردن مکان مناسب برای هرکدام از آنها فوق‌العاده مشکل بود زیرا این عناصر به‌طور شگفت‌آوری به‌همدیگر شباهت

داشتند. وقتی که عناصر دیگری کشف گردید و تعداد آنها زیاد شد، "مسئله منزل دادن" به‌این عناصر در جدول تناوبی حتی حادتر نیز شد. قبل از اینکه این امر سر و سامان بگیرد و عناصر در جای خود قرار بگیرند بیش از یک دهه گذشته بود. بالاخره به‌ایتریم که آغازگر تاریخ عناصر کمیاب بود یک خانه مستقل داده شد، به اسکاندیم نیز همان امتیاز واگذار گردید. ولی به‌بقیه عناصر کمیاب خاکی اجبارا" در یک "آپارتمان مشترک" با میزبانی لانتانوم جا داده شد. اگرچه بعضی از لانتانیدها متعلق به‌گروه ایتریم هستند (بقیه متعلق به‌گروه سریم‌اند) ولی ایتریم در جدول تناوبی جائی جدا از آنها دارد.

(شکل ۱۶)

تقریبا" دویست سال از کشف ایتریم می‌گذرد، به‌نظر می‌رسد برای مطالعه این عنصر در تمام جزئیاتش زمان کافی بوده است. بهرحال، اطلاعات درباره وزن مخصوص، نقطه جوش و ذوب و بعضی

دیگر از مشخصات آن در کتابهای مرجع یکسان نیستند. به‌خاطر این مسئله، ما توضیح می‌دهیم که این فلز توسط پژوهشگران مختلف در ناخالصی‌های متفاوت بدست آمده است. امروزه ایتریم تقریبا" خالص (۹۹/۹ – ۹۹/۸ درصد) می‌تواند از طریق ذوب آن در خلاء بدست آید که به‌دنبال آن دو یا سه مرتبه عمل تقطیر انجام می‌گیرد. چگالی ایتریم g/cm^3 ۴/۴۷ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و نقطه ذوب آن $1500^\circ C$ می‌باشد. صفات برجسته این فلز با نقطه ذوب نسبتا" بالا همراه با چگالی کم و استحکام خوب و بعضی دیگر از خواص باارزشش آینده خوبی را به‌ایتریم به‌عنوان یک مادهٔ ساختمانی خوب نوید می‌دهد. اخیرا" این عنصر در ساختن لوله‌های مخصوص برای حمل و نقل سوخت هسته‌ای مایع – اورانیوم مذاب و یا پلوتونیم – برتری خود را نشان داده است. ولی هنوز در عرصه‌های دیگرکاربرد بیشتری دارد.

در اواخر قرن گذشته دنیای برق و الکتریسیته شاهد یک ترقی ناگهانی و برجسته بود. فیزیکدان آلمانی Walter Nernst یک لامپ دارای نور سفید اختراع کرد که در آن به‌جای مفتول فلزی و یا کربن معمولی یا گاز بی‌اثر در خلاء برای فیلمان از میله روبازی که از مخلوط اکسیدهای زیرکونیم و ایتریم ساخته شده بود، استفاده به‌عمل آمده بود. این دانشمند معتقد بود که بعضی از ترکیبات بلوری که "اجسام الکترولیت" نامیده می‌شوند، قادرند جریان برق را به‌وسیله حرکت یونها و نه الکترونها، انتقال دهند. لامپ اختراعی وی از چنین سیستمی استفاده می‌کرد، آن باید به‌وسیله یک کبریت روشن می‌شد، وقتی جریان انتقال برقرار شد، درجه حرارت لامپ به $800^\circ C$ رسید و بدین دلیل در آن زمان از این نوع لامپ استقبال زیادی به‌عمل نیامد، ولی امروزه در تکنولوژی، سیستمهائی از این قبیل در ایجاد درجه

حرارتهای بالا بکار می‌روند که در آنها از اکسید ایتریم به‌جای کلسیم استفاده شده است، برخلاف فلزات مشابهی که در این رشته بکار می‌روند ترکیب فوق در هوا اکسیده نمی‌شود و حتی در شرایط بسیار خوب برای اکسیده شدن، خواص نیمه اکسیدی دارد.

امروزه یک اکسید ایتریم بسیار خالص اساس تولید فریتهای (*Ferrites*) ایتریم که در الکترونیک و تقویت‌کننده‌های شنوائی و همچنین در سلولهای حافظه کامپیوتر کاربرد دارند، می‌باشد. نمکهای بر (*Borides*) و سولفورها (*Sulphides*) و اکسید ایتریم در کاتد ژنراتورهای قوی و بوته‌های دیرگداز برای فلزات با نقطه ذوب بالا بکار برده می‌شوند. یکی از پیشرفتهای چند ساله اخیر تولید ماده‌ای دیرگداز از سرامیکهای زیرکونیم(*Zirconium*) با اضافاتی از اتیریم می‌باشد. نام این ماده زیتریت *Zyttrite* است. زیتریت گرمای خیلی کمی از خود انتقال می‌دهد و تا ۲۲۰۰ درجه سانتی‌گراد در مقابل گرما مقاومت می‌کند و خواص خود را حفظ می‌نماید. ماده سرامیک دیگری به‌نام ایتریلوکس (*Yttrilox*) وجود دارد که تا ۲۲۰۴ درجه سانتی‌گراد در مقابل حرارت مقاومت‌می‌کند. ایتریلوکس‌حاوی یک جسم محلول دی‌اکسید توریم در اکسید ایتریم است که در تجزیه طیفی، طیف نورهای آن در گروه مرئی قرار می‌گیرد و در همان حال اشعه مادون قرمز را به‌راحتی عبور می‌دهد. از این نوع ماده‌ها در ساختن دریچه‌های بازدید در موشکها و کوره‌ها که دارای حرارت زیادی هستند استفاده می‌شود.

ایتریم سهم مهمی در توسعه و پیشرفت تلویزیونهای رنگی دارد، لامپهای تصویر آنها براساس فسفرهای قرمز و ترکیبات آن ساخته می‌شوند که یک تابش فوق‌العاده درخشان ایجاد می‌کنند. در ژاپن برای اینکار از اکسید ایتریم استفاده می‌شود که به‌وسیله اروپیم (*Europium*) فعال

(شکل ۱۷)

میگردد. در کشورهای دیگر ترکیب اورتـــو وانـــادات ایتـــریـــم (Orthovanadate of y.) بـــرای ســاختن لامپ تصــویرهای تلویزیونها ترجیح داده می‌شود. برطبق برآورد سازنده‌های ژاپنی جهت ساختن یک میلیون لامپ تصویر تلویزیون رنگی تقریباً" در حدود پنج تن اکسید خالص ایتریم مورد نیاز است.

اغراق نیست اگربگوئیم: در حال حاضر متالوژی امروزی مهمترین عرصهٔ کاربرد و استعمال ایتریم می‌باشد. هر ساله ایتریم برای تولید آلیاژ فولاد که چدن در آن تزریق شده باشد به‌طور روز افزونی ضروری می‌گردد. افزودن مقدار کمی از ایتریم به‌فولاد آنرا ظریف ساخته و خواص مکانیکی ـ الکتریکی و مغناطیسی آنرا بهتر می‌کند. اگر مقدار کمی ایتریم (یکدهم یا حتی یک صدم درصد) به چدن افزوده شود، سختی و

استحکام آن دو برابر و دوام و مقاومت آن در برابر پوسیدگی چهار برابر می‌شود ، به‌علاوه شکنندگی آن کم و استحکام آن در مقابل درجه حرارت بالا نزدیک به‌فولاد می‌شود . یک نکته مهم : آهن دارای ایتریم می‌تواند چندین‌بار ذوب شود و چون "ویتامین ایتریم" دارد تمام صفات و خواص خوبش را حفظ می‌نماید .

ایتریم دوام آلیاژهائی را که دارای نیکل ، کروم ، آهن و مولبیدن هستند در مقابل گرمای زیاد بالا می‌برد . خاصیت هادی بودن وانادیم (*Vanadium*) ، تانتالم (*Tantalum*) ، تنگستن (*Tungsten*) و آلیاژهای آنها را در حالت گداخته به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر می‌کند و همچنین استحکام آلیاژهای تیتانوم (*Titanium*) ، مس، منیزیم و آلومینیم را تقویت می‌کند . آلیاژ سفید رنگ منیزیم ــ ایتریم (۹ درصد ایتریم) که از درجه مقاومت‌بالاتری‌در مقابل تخریب هسته‌ای برخوردار است در ساختن و تولید بعضی از قسمتها و دستگاههای وسائط نقلیه هوائی بکار می‌رود .

ایتریم تجارتی هم به‌صورت خالص (به‌شکل شمش و یا بلورهای منفرد) و هم به‌شکل آلیاژ با منیزیم و آلومینیم تولید می‌شود .

تولید ایتریم در سطح جهان پیوسته رو به‌افزایش است . تنها اخیرا" تولید ایتریم کل جهان با کیلوگرم اندازه گرفته می‌شد و امروز مقدار مصرف ایتریم در سطح جهان بیش از یکصد تن در سال می‌باشد . بعد از این همه صحبت آیا این عنصر همچنان کمیاب و نادر است ؟

ظاهرا" نه ! نه‌تنها ایتریم بلکه بیشتر عناصر کمیاب خاکی اغلب در طبیعت بدست می‌آیند . حجم ایتریم در پوسته زمین ۰/۰۰۲۹ درصد است و این بدان معنی است که ایتریم یکی از ۳۰ عنصر کاملا" گسترده در سیارهٔ ماست . مقدار ذخایر آن ده برابر بیشتر از مولبیدن یا تنگستن و صد برابر بیش از ذخایر نقره و جیوه و هزار برابر زیادتر از ذخایر طلا

و یا پلاتین می‌باشد. شاید درست‌تر این‌باشد که اصطلاح "کمیاب خاکی" را به‌دوره قبل از کشف این عناصر اطلاق کنیم و نه به‌عنوان حقیقت میزان توزیع و پخش آنها در طبیعت.

ایتریم در بیش از صد ماده معدنی یافت می‌شود که بعضی از آنها ماده معدنی خاص ایتریم هستند مانند Xenotime (فسفات ایتریم طبیعی که دارای اورانیم و فلزات خاکی کمیاب می‌باشد)، Fergusonite، Euxenite و Thelenite. در سال ۱۹۶۱ دانشمندان شوروی ذخایری از یک ماده معدنی ناشناخته را که دارای ایتریم می‌باشد در قزاقستان شوروی کشف کردند. این ماده به‌افتخار اولین فضانورد جهان (یوری گاگارین)، گاگارینیت *(Gagarinite)* نامیده شد. کاشفین آن یکی از بهترین نمونه‌های این جسم معدنی را به‌یوری گاگارین اهداء کردند که مجموعه‌ای از بلورهای زیبای گاگارینیت ــ دارای بلورهای بزرگ شش ضلعی زرد کمرنگ ــ بود و در موزهٔ معدن‌شناسی فرسمان Fersmann در آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی به نمایش گذاشته شده است.

تکنسیــــــــم
(دایناسور زنده شده)

Tc

آیا گذشته برمی‌گردد ؟ ـ
یک چرخش خوب سزاوار و لایق دیگری است . ـ حیثیت خسارت‌دیده .ـ
بدشانس . ـ آیا آن اتلاف وقت و نیرو نیست . ـ محدودهٔ مطلقاً "قدغن ـ
همسایگان گستاخ .ـ زندگی کوتاه .ـ گم‌گشته .ـ آتشبار توپخانهٔ پیشرفت ـ
بازدیدی از ماوراء دریاها . ـ بهتر از هیچی . ـ بدون‌دردسر . ـ
زبانه‌های اعجازآمیز . ـ آیا تکنسیم می‌تواند ارزانتر شود ؟ ـ
ظروف بدریخت . ـ دژ تسخیر ناپذیر . ـ نزدیک به‌صفر مطلق .ـ
در منظومهٔ فلکی آندرومدا[1] . ـ تئوریهای تسلیم شده . ـ
دایناسور پرسه می‌زند .

تصور کنید که در یک صبح زیبا به‌چند خبر مهیج و گیج کننده مانند خبر زیر در یک روزنامه برخوردکنید :

"دایناسور تازه متولد شده" .

برای زنده کردن دوباره دایناسور ، در باغ وحش شهر " N " دانشمندان سالها وقت صرف جفت‌گیری یک تمساح با یک کانگورو کردند . موفقیت نتیجهٔ کار آنها دیروز با بدنیا آمدن یک دایناسور در باغ‌وحش گزارش گردید . دایناسور جانوری است که در ابتدای تاریخ پیدایش جانوران در سیارهٔ ما به‌دنیا آمده و سپس چند میلیون سال پیش نسل آن به‌تدریج از بین رفته است .

---

۱) منظومهٔ فلکی مرآه المسلسله . م

یک چنین اخبار و گزارشاتی در روزگاران "جهالت و نادانـــی" می‌توانستند منتشر شوند ولی حالا ما و شما می‌دانیم که هرگز زمان گذشته بر نمی‌گردد و تاریخ عقب‌گرد نمی‌کند.

اگرچه این امر حقیقت دارد که دانشمندان نمی‌توانند دایناسورها و پتروداکتیل‌ها را زنده کنند، اما گاهی اوقات موفق به‌انجام کارهای حیرت‌انگیزتر از "زنده کردن دایناسور" در عرصه‌های دیگر می‌شوند. البته منظور ما "زنده کردن" بعضی از عناصر شیمیائی است که در زمان گذشته در روی زمین وجود داشتند ولی به‌تدریج و به‌طور کامل در اثر تشعشعات تخریب هسته‌ای ناپدید شدند. یکی از عناصری که بدین ترتیب ناپدید شده‌اند تکنسیم [1] می‌باشد که در سال ۱۹۳۷ دانشمندان موفق به "زنده کردن" آن شدند. ولی قبل از اینکه به‌جریان احیاء این عنصر بپردازیم اجازه بدهید گریزی به‌تاریخ شیمی بزنیم.

به‌سال ۱۸۴۶ برگردیم. در این سال هرمان (R.Hermann)، شیمیدان و معدن‌شناسی که در روسیه کار می‌کرد به‌یک عنصر مجهول و ناشناخته‌ای در کوههای ایلمن (Ilmen) در منطقه اورال برخورد کرد و آنرا Yttroilmenite نامید. وی موضوع را نیمه‌کاره رها نکرد و سعی نمود عنصر شیمیائی جدیدی را که تصور می‌کرد مادهٔ معدنی باشد استخراج کند. به‌محض اینکه موفق شد عنصر جدید (ایلمنیوم) را کشف کند، شیمیدان معروف آلمانی رز (H.Rose) در صدد تکذیب و رد این کشف‌واثبات‌ادعای‌خود برآمد. وقتی که رز کشف پلوپیم (Pelopium) خودش را اعلام کرد هرمان توانست با بهترین دلیل ادعای رز را رد

---

۲) تکنسیم ـ عنصریست با وزن اتمی ۹۸/۹۰ و عدد اتمی ۴۳، این‌عنصردرطبیعت وجود ندارد و به‌طور مصنوعی‌ساخته می‌شود. وزن مخصوصش ۱۱/۵ و نقطه ذوبش ۲۲۰۰°C می‌باشد. م.

کرده و تلافی برخورد قبلی رز را بنماید و در این کار موفق نیز شد.

بعد از یکربع قرن ایلمینوم به‌صحنهٔ علم شیمی بازگشت: این عنصر به‌عنوان مدعی نقش *EKa* منگنز بود و می‌خواست در خانهٔ شماره ۴۳ جدول مندلیف قرار بگیرد و برای اینکار حقیقتاً" خیلی از خواص آن، از جمله وزن اتمی با مشخصات پیش‌بینی شده برای عنصر شماره ۴۳ جور در می‌آمد ولی شهرت ایلمنیوم توسط رز لطمهٔ زیادی دیده بود و مندلیف نیز از اسکان دادن آن در جدول خود خودداری کرد. مطالعات و تحقیقات بعدی به‌طور قطعی ثابت کرد که ایلمنیوم نمی‌تواند درخانهٔ شماره ۴۳ جا بگیرد و باید در تاریخ علم شیمی فقط به‌عنوان یک عنصر "بدبخت" و بی‌خانه باقی بماند.

اما خانهٔ خالی شماره ۴۳ باید پر می‌شد. مدعیان زیادی پیدا شدند که خود را صاحب خانهٔ ۴۳ می‌دانستند: عناصری مانند *Davium* ، *Litium* ، *Nipponium* . ولی همهٔ آنها حبابی بیش نبودند که اندکی بعد از کشف ازبین رفتند.

بالاخره در سال ۱۹۲۵ آیدا (*Ida*) و والتر نوداک (*Wolter* *Noddack*) دانشمندان آلمانی مقاله‌ای برای اعلام کشف دو عنصر رنیم (*Rhenium*) و ماسوریم (*Masurium*) منتشر کردند. برای پیشرفت رنیم همهٔ مراحل به‌آرامی و راحتی گذشت و کشف آن فوراً" تایید گردید و در خانه‌ای که برایش آماده شده بود جا گرفت ولی در مورد ماسوریم شانس یارش نبود. نه کاشف آن و نه دیگر شیمیدانان نتوانستند مدرک علمی برای موجودیت آن ارائه دهند. در حقیقت آیدا و والتر نوداک اعلام کرده بودند که بزودی آن عنصر در دسترس خواهد بود اما به‌نظر رسید که نوداک‌ها در این مورد زیاد احساس مسئولیت نکرده بودند و چون نتوانستند چیزی بیش از این اعلام به مردم ارائه دهند، بنابراین به‌لیست کاذب مدعیان صاحب خانه شماره

۴۳ یک اسم بدشانس دیگر نیز اضافه شد.

در همان زمان بعضی از دانشمندان به‌این فکر افتادند که شاید تمام عناصر توسط مندلیف پیش‌بینی نشده‌اند و یا اینکه عنصر شماره ۴۳ به‌مقدار بسیار کم در طبیعت وجود دارد. آیا همه آنهائی که اینگونه نتیجه‌گیری می‌کردند حق داشتند و یا اینکه زحمت خود را زیاد کرده و اتلاف وقت می‌کردند؟ یکی از دانشمندانی که موجودیت ماسوریم را رد کرد شیمیدان آلمانی *W.Prandtl* بود.

بالاخره بعد از مدتی طولانی موضوع توسط فیزیک هسته‌ای ــ خواهر جوانتر شیمی ــ که بعد از این موضوع اعتبار قابل ملاحظه‌ای بدست آورده بود، روشن شد. یکی از قوانین حاکم بر این علم قانون انتخاب ایزوتوپ است که در سالهای ۱۹۲۰ به‌وسیلهٔ شیمیدان شوروی، *S.A.Shchukarev* مطرح و سپس در سال ۱۹۳۴ به‌وسیلهٔ فیزیکدان آلمانی، *H.Mattauch* توضیح داده شد. اما قبل از توضیح این قانون اجازه بدهید یادآوری کنیم که ایزوتوپ‌ها و ایزوبارها چه هستند؟ ایزوتوپها اتمهای یک عنصر شیمیائی هستند که دارای عدد اتمی مساوی ولی وزن اتمی متفاوت هستند، ایزوتوپها یا ایزوبارهای دارای وزن اتمی مساوی عدد اتمی متفاوت دارند.

اکنون برگردیم به‌قانون انتخاب ایزوتوپها: براساس این قانون دو ایزوتوپ پایدار که عدد اتمی‌شان متفاوت است طبیعتا" نمی‌توانند وجود داشته باشند. به‌عبارت دیگر اگر یک عنصر شیمیائی یک ایزوتوپ پایدار داشته باشد همسایگان بغل‌دستی آن نمی‌توانند دارای ایزوتوپ پایداری با همان وزن اتمی باشند. بنابر این عنصر شماره ۴۳ فوق‌العاده بدشانس بود زیرا همسایگان وی در طرف چپ و راست (مولبیدن و روتنیم) تمام جاهای خالی در مجاورت خود را با ایزوتوپهای خود پر کرده بودند. اگر تکنسیم چند ایزوتوپ هم داشته باشد آنها ناپایدار

هستند و بدین دلیل است که این ایزوتوپها شب و روز در حال تخریب هسته‌ای و تجزیه هستند.

معقولانه است اگر تصور کنیم که عنصر شماره ۴۳ زمانی به‌مقدار محسوسی در سیارهٔ ما وجود داشته، اما به‌علت تخریب هسته‌ای و ناپایداری مداومش به‌تدریج ناپدید شده است. پس چرا ذخایر عناصری مثل اورانیم و توریم (*Thorium*) هنوز در زمان ما زنده هستند؟ در صورتی که آنها نیز رادیو اکتیوند و بنابراین از روز اول زندگی‌شان در تخریب و تشعشع هسته‌ای بوده‌اند. جواب اینست که جریان متلاشی شدن و تشعشع آنها خیلی خیلی آهسته‌تر از عنصر شماره ۴۳ و دیگر عناصر رادیواکتیو طبیعی می‌باشد. بنابراین ذخایر اورانیم در مدت موجودیت سیارهٔ ما به‌مقدار یکصدم از مقداری که در آغاز موجودیتش بوده است کاهش یاقته و به‌عناصر دیگر تبدیل گردیده است.

دانشمندان شیمی تشعشعی آمریکا دریافته‌اند که یک ایزوتوپ ناپایدار از یک عنصر به‌شرطی شانس زنده ماندن در پوستهٔ زمین را از زمان پیدایش جهان تاکنون دارد که طول نیمه عمر آن بیش از ۱۵۰ میلیون سال باشد.

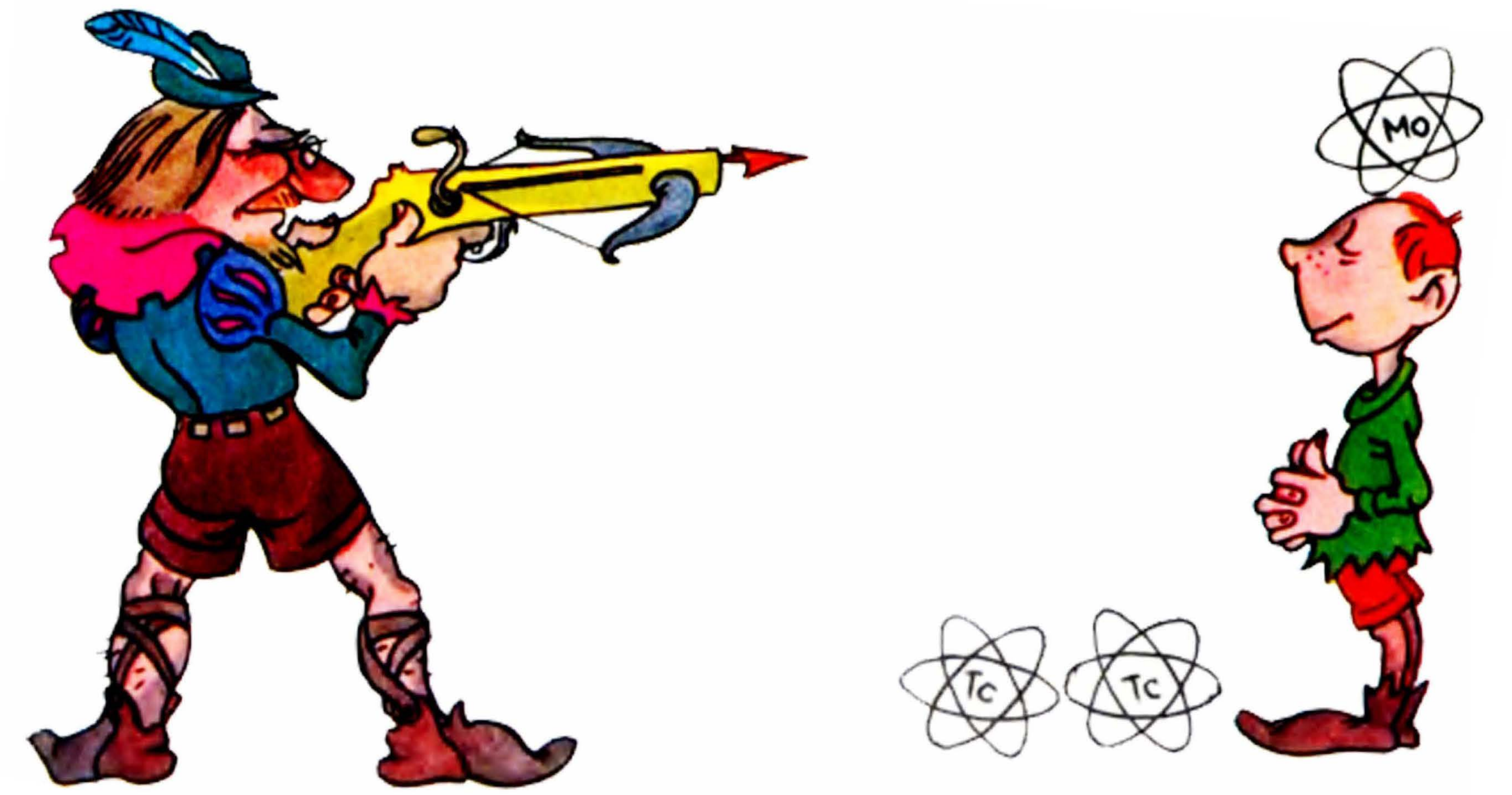
حال نظری به‌آینده بیاندازیم. تذکر این نکته ضروری است که وقتی که ایزوتوپهای مختلف تکنسیم بدست‌آمدند، ثابت شد که طول نیمه عمر یکی از آنها که طولانی‌ترین زندگی را گذرانده کمی بیش از ۲/۵ میلیون سال بوده است، از اینروآخرین اتم آن مدت زمان درازی پیش از ظهور اولین دایناسور از بین رفته است. توجه داشته باشید که عمر سیارهٔ ما ۴/۵ میلیارد سال برآورد شده است.

بعدها معلوم شد که اگر دانشمندان بخواهند عنصر شماره ۴۳ را بدست آورند و "لمس" کنند مجبورند آنرا به‌طور مصنوعی تهیه نمایند. در طبیعت زمانهای بسیار درازی است که این عنصر جزو "غائبین" به

حساب می‌آید. آیا علم می‌توانست از عهدهٔ این وظیفهٔ خطیر برآید؟ بلی.

در حقیقت چنین کاری در سال ۱۹۱۹ به‌وسیلهٔ ارنست روترفورد فیزیکدان برجستهٔ انگلیسی در تجربه ثابت شد: او هسته یک اتم نیتروژن را در معرض بمباران شدید ذرات آلفای منتج از تخریب هسته‌ای رادیم قرار داد. در اثر بمباران طولانی، هسته‌های اتم‌های نیتروژن "دوباره" با پروتونها پر شده و در همان حال اتمهای نیتروژن به اکسیژن تبدیل شدند.

تجربهٔ آزمایشات روترفورد یک "توپخانهٔ" فوق‌العاده قوی به علم داد که به‌وسیلهٔ آن علم قادر شد عنصری را به‌عنصر دیگر تبدیل کند و حتی عناصر جدیدی بیآفریند. البته این "توپخانه" قادر به‌ازبین بردن عناصر نیست.



(شکل ۱۸)

آیا عنصر شماره ۴۳ می‌توانست با چنین شیوه‌ای تولید شود؟ یک دانشمند ایتالیائی به‌نام امیلیو سگره (Emilio Segre) مشغول چنین کاری شد. او در اوایل سالهای ۱۹۳۰ در دانشگاه رم تحت نظر دانشمند نسبتا" معروفی به‌نام انریکو فرمی (Enico Fermi) کار می‌کرد. این دو نفر همراه با "پسرهای" دیگر (اسمی که انریکو فرمی برای محصلین با استعدادش گذاشته بود) شروع به‌کار کردند، امیلیو در انجام آزمایشات تشعشع نوترون اورانیم و بسیاری از مسائل فیزیک هسته‌ای با انریکو همکاری می‌کرد. روزی فرا رسید که کشش و جذبهٔ بدست آوردن ریاست آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای دانشگاه پالرمو،امیلیو را به‌سوی شهر قدیمی سیسیل کشاند. وی در ابتدای ورودش به‌دانشگاه با دیدن آزمایشگاهی که قرار بود ریاستش را به‌عهده بگیرد، ناامید شد زیرا آنجا چیزی بیش از نگاه کردن نداشت و همچنین این آزمایشگاه دارای نفس و روح علمی نبود و به‌سختی می‌توانست مرکز کار وی قرار گیرد.

Segre برای ادامهٔ مطالعه و کار در مورد اتم همراه با دانش‌آموزانش آرزوهای بزرگی در سر داشت. او در تابستان سال ۱۹۳۶ برای دیدار از شهر برکلی (Berkly) آمریکا از اقیانوس رد شد. شهری که در آنجا در آزمایشگاه تشعشعات اتمی دانشگاه کالیفرنیا، دستگاه سیکلوترن (Cyclotron) (دستگاه تسریع کننده ذرات اتمی که برای بمباران هسته‌ای اتمها بکار می‌رود) که توسط ارنست لاورنس (Ernest Lawrence) اختراع شده بود، چندین سال بود که مورد استفاده قرار می‌گرفت. امیلیو در نظر داشت از دستگاه و طرز کار آن و پیشرفتهای این آزمایشگاه بازدید به‌عمل آورده و بکارش ادامه دهد.

فیزیکدانان مدرن، شاید به‌این دستگاه کوچک به‌عنوان یک اسباب‌بازی بچگانه نگاه کنند، اما در آن روزها آن اولین سیکلوترن

جهان بود و مورد تحسین قرار گرفته و باعث حسادت و رشک دانشمندان دیگر آزمایشگاهها می‌شد. (در سال ۱۹۳۹ به‌ارنست لاورنس به‌خاطر اختراعش جایزه نوبل اعطاء شد).

(شکل ۱۹)

امیلیو هنگام عزیمت از ایالات متحده آمریکا نمی‌توانست از سیکلوترن دل بکند و اینکار برایش بسیار سخت بود. وی بعدا " نمی ــ توانست چنین دستگاهی را حتی به‌خواب نیز ببیند. درست قبل از ترک آنجا چنین به‌نظرش رسید که یکی از ورقه‌های مولبیدن را که به‌مدت چندین ماه در معرض برخورد یک جریان قوی پرتاب ذرات دترون Deuteron (هسته‌های هیدروژن سنگین یا دتریوم Deuterium) بود، با خودش بردارد. این ذرات دترون به‌وسیلهٔ دستگاه سیکلوترن تسریع و پرتاب می‌شدند. لاورنس از اینکه می‌توانست به‌همکار خود امیلیو در برگشت به‌میهنش با چند عدد از مولیبدنهای کم‌ارزش کمک

کند خوشحال بود .

امیلیو از این کار چه منظوری داشت؟ او بعدها نوشت : " . . . ما دلایل خوبی داشتیم که معتقد شویم که مولبیدن بعد از بمباران شدن با دترونها می‌باید به‌عنصر شماره ۴۳ تبدیل شود . . . " به‌علاوه یک اتم مولبیدن شامل ۴۲ پروتون در هسته‌اش می‌باشد . اگر یک دترون که دارای یک عدد پروتون و یک عدد نوترون است موفق به‌شکستن تمام هستهٔ یک اتم مولیبدن شود می‌تواند تعداد پروتونهای اتم مولیبدن را به ۴۳ که دقیقاً" به‌اندازهٔ هستهٔ عنصر شماره ۴۳ است ، برساند و در این صورت مولیبدن به‌عنصر شماره ۴۳ تبدیل می‌شود .

(شکل ۲۰)

تا آنجا که مربوط به‌فرضیهٔ علمی و اصول نظری بود همه‌چیز صریح و روشن و مشخص به‌نظر می‌رسید ، اما اثبات عملی آن آنقدرها هم

آسان نبود. در ژانویه سال ۱۹۳۷ امیلیو و همکار وی به‌نام کارلو پریر (Corlo Perrier) که یک معدن‌شناس بود، به‌طور جدی شروع بکار کردند.

ابتدا آنها دریافتند که نمونه‌هائی از مولیبدن که از آمریکا وارد شده بود، ذرات بتا (الکترونهای سریع) از خود منتشر می‌کنند. این بدان معنی بود که این فلز واقعاً" دارای یک ایزوتوپ بود. اما حقیقت از چه قرار بود؟ آن ایزوتوپ می‌توانست یک ایزوتوپ مخصوص مولیبدن و یا عناصر دیگری چون زیرکونیم، نئوبیون و رتنیم یا عنصر "غایب" شماره ۴۳ باشد.

بررسی‌ها و تحقیقات زحمتکشان علم شیمی نشان داد که هیچکدام از عناصر مورد تردید فوق به‌جز عنصر آخری چیزی برای تشعشع بتا ندارند. بالاخره بعد از برطرف شدن این موانع دانشمندان عنصر " EKa — منیزیم" را که مدت زمان درازی در انتظارش بودند "بدست آوردند". اما گفتن "بدست آوردند" احتمالاً" یک مبالغه و اغراق است! چنانکه بعداً" نیز معلوم شد آنها موفق به‌اثبات اینکار شدند ولی فقط به‌اندازهٔ ۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱ گرم از آنرا بدست آوردند. از طرف دیگر همین مقدار برای فیزیکدانها آنقدرها هم کم نیست و اهمیت دارد. لازم به‌یادآوری است که کشف مندلویم (عنصر شماره ۱۰۱) هنگامی ثبت شد که فقط تعداد ۱۷ اتم از آن بدست آمده بود. برای روشن شدن این نکته مثالی می‌زنیم: اگر تمام اتمهای آهن موجود در یک نوک سوزن را به‌طور یکنواخت در سطح کرهٔ زمین پخش کنیم هر ده میلیون اتم از آنها در سطح یک متر مربع جا به‌جا می‌شوند.

اما به‌موضوع اصلی برگردیم: در ژوئن سال ۱۹۳۷ امیلیو سگره و همکارش پریر موفق شدند عنصر شماره ۴۳ را که زمانی در گذشته در اثر تشعشع تغییر شکل داده بود، به‌طور مصنوعی دوباره "زنده کنند" و

بدون هیچگونه دردسری اسم آنرا تکنسیم نامیدند (*Technetium* از کلمهٔ یونانی *Technetus* به معنی مصنوعی و بدلی می‌باشد) .

اگرچه مقدار تکنسیم واقعا" موجود در دست دانشمندان ناچیز بود ، با این حال آنان توانستند درخصوص خواص این عنصر چیزهائی بیاموزند و دریافتند که تکنسیم یکی از خویشاوندان بسیار نزدیک رنیم می‌باشد و روابط نزدیکی با آن دارد .

یکی از بزرگترین آرزوهای دانشمندان مطالعه و آموزش بیشتر در مورد ویژگیها و خواص تکنسیم ، ساکن واقعی خانه ۴۳ بود ولی مهمتر و قبل از همه بدست آوردن و داشتن خود تکنسیم بود . مولبیدن بمباران شده کمک زیادی نکرد زیرا به‌مقدار بسیار کمی دارای تکنسیم بود ، باید چیزی بهتر از آن پیدا می‌شد .

پژوهش دانشمندان مدت زیادی طول نکشید : در سال ۱۹۴۰ امیلیو سگره و دستیارش *Wutsien Hsun* کشف کردند که یکی از ایزوتوپهای تکنسیم که طولانی‌ترین زندگی را داشته است به‌مقدار قابل ملاحظه‌ای در "خرده ریزه‌های" شکل گرفته در جریان بمباران اورانیم با نوترونها (کار راکتور هسته‌ای) موجود است . هر کیلوگرم از این "زباله‌های اتمی" دارای چند گرم تکنسیم بود ، این چیز قابـــل توجهی بود . چه‌چیز تعجب‌آوری ! راکتورهای هسته‌ای علاوه بر کار اصلی خود به کارخانهٔ تولید تکنسیم نیز تبدیل شده‌اند .

اولین محصول آنها فلزی سنگین با نقطه ذوب بالا و رنگ نقره‌ای بود که یک تکهٔ آن هزاران بار بیش از طلا ارزش داشت . اما صنعت تولید نیروی اتمی به‌سرعت توسعه و گسترش می‌یابد و پابه‌پای آن مصرف سوخت سالیانهٔ هسته‌ای افزونتر میگردد و در نتیجه زباله‌های بجا مانده از آن روز بروز از کمیابی درمی‌آیند . بدین ترتیب می‌باید قیمت تکنسیم بسیار پائین بیاید ولی از آنجائی که مراحل استخراج آن فوق‌العاده

پیچیده و مشکل است قیمت تکنسیم پائین نیامد و همچنان بقدر کافی گران باقی ماند. در سال ۱۹۶۵ یک گرم تکنسیم (این فلز "مصنوعی") در بازار جهانی به‌قیمت ۹۰ دلار فروخته می‌شد. اما اکنون تکنسیم تولید شده با مقیاسهای میلی‌گرمی اندازه‌گیری نمی‌شود بلکه با دهها و صدها کیلوگرم سنجیده می‌شود. دانشمندان می‌توانند خواص آنرا و نیز قلمرو احتمالی فعالیت آینده‌اش را مطالعه کنند.

مهمترین نقش تکنسیم که جلوگیری از زنگ‌زدگی و خورندگی فلزات است نسبتا" زود کشف گردید. زنگ‌زدگی "خورهٔ بدسگالی" است که میلیونها تن فولاد را بیرحمانه در عرض یکسال می‌بلعد. در حقیقت ظروفی که در متالوژی بکار می‌روند از فولادهای ضد زنگی ساخته شده‌اند که حتی در صورت گداختن نیز زنگ نمی‌زنند. اما این استیلهای ضد زنگ خیلی گرانتر از استیلهای معمولی تمام می‌شود. علاوه بر این، ساختن روکش‌هائی از این نوع برای فولادهای دیگر امکان‌پذیر نیست. علاوه بر این مقدار کروم و نیکلی که در ساختن این فولادهای ضد زنگ بکار برده می‌شود بسیار بسیار زیاد می‌باشد.

مسئله جلوگیری از زنگ‌زدگی فلزات مسئله‌ایست مهم و مشکل. بعضی از دانشمندان در این زمینه به‌پیشرفتهای مهمی دست یافته‌اند. به‌عنوان مثال: ثابت شده است که بعضی از مواد شیمیائی سطح فلزات را در مقابل زنگ‌زدگی مستحکم و مقاوم می‌سازند و این شیوه تا حدی قابل اعتماد است و از فلزات محافظت می‌کند. از اینرو این نوع مواد را "ضد زنگ" می‌نامند. تکنسیم ثابت کرده است که در این زمینه دارای بیشترین استحکام است. مثلا" اگر مقداری ازیک محلول را که‌به نسبت بسیار کم (یکصدم یا حتی یکهزارم درصد) دارای پرتکنات (Pertechnate ، نمک اسید تکنسیم) می‌باشد به‌یک قطعه فولاد بزنیم، فولاد مزبور به‌یک "دژ غیرقابل تسخیر" در مقابل زنگ‌زدگی و

پوسیدگی تبدیل می‌شود ، حتی اگر آنرا تا ۲۵۰°C حرارت بدهیم .

(شکل ۲۱)

یکی دیگر از خواص جالب تکنسیم قدرت فوق‌العاده زیاد آن در هدایت نیروی برق می‌باشد . دانشمندان کشف کرده‌اند که بسیاری از فلزات در درجه حرارت نزدیک به‌صفر مطلق (–۲۷۳/۱۶°C) عملاً " هیچ مقاومتی در مقابل جریان برق از خود نشان نمی‌دهند و به‌راحتی آنرا انتقال می‌دهند .

قدرت و توانائی فوق‌العاده زیاد تکنسیم در هدایت الکتریسیته به‌این فلز امکان می‌دهد که در وسایل انتقال برق از نقطه‌ای به‌نقطهٔ دیگر بکار برده شود و این امر آینده‌ای امیدبخش در مصارف صنعتی برای این عنصر به‌ارمغان می‌آورد . قابل ذکر است که تکنسیم در این زمینه رقیبی‌ندارد .این فلز نیروی برق را در درجه ۸/۲۴ K (–۲۶۴/۹۲°C) کاملاً " و به‌راحتی انتقال می‌دهد در صورتی که سایر فلزات برای اینکار

به‌مقداری سرد شدن احتیاج دارند.

دانشمندان هنوز امیدوارند که بتوانند در پوستهٔ زمین تکنسیم پیدا کنند. از نظر تئوری ممکن است اینطور تصور شود که واکنشهای هسته‌ای اورانیوم در طبیعت روی داده و بقایای آن به‌طور طبیعی در زمین باقی مانده‌باشند و هنوز فرصت از بین‌رفتن و تبدیل شدن به‌عناصر دیگر را نیافته باشند. علاوه بر اینها این امر نیز کاملا" امکان‌پذیر است که تکنسیم در صخره‌های کوههائی که دارای مولبیدن، رتنیم و نیوبیوم هستند، پیدا شود زیرا ممکن است ایزوتوپهای چنین عناصری تحت تاثیر ذرات نوترون که از فضای خارج به‌زمین می‌آیند به‌ایزوتوپهای عنصر شماره ۴۳ تبدیل شده باشند.

بهرحال، چندان واقع‌بینانه نیست اگر تصور کنیم که ذخایر بزرگی از این عنصر در سیاره ما وجود دارد. از اینروست که پژوهشگران در جستجوی تکنسیم توجهشان را به مواد فضاهای دیگر معطوف کرده‌اند. در سال ۱۹۵۱ یک ستاره‌شناس آمریکائی به‌نام شارلوت موره (Charlotte Moore) مقالهٔ شورانگیز و موثری در مورد کشف تکنسیم در خورشید توسط تجزیهٔ طیفی نور خورشید منتشر کرد. یک سال بعد مریل (P.Merill) ستاره‌شناس انگلیسی خطوطی از طیف تکنسیم را در تجزیهٔ طیفی نور بعضی از ستارگان منظومه‌های فلکی Andromeda و Cetus کشف کرد. اگرچه مطالعات بیشتر موفق به تایید کشف موره نشد ولی صدها تجزیهٔ نوری با صدها طیف‌نگار حضور تکنسیم را در ستارگان دور ثابت کرد.

یک حقیقت تعجب‌آور اینست که ثابت شده است که ذخایر ستاره‌ای تکنسیم کاملا" با ذخایر زیرکونیم و نیوبیم قابل مقایسه است. آیا این بدان معناست که تکنسیم کشف شده در ستارگان با تکنسیم موجود در کرهٔ زمین از این لحاظ تفاوت دارد که آن تجزیه نمی‌شود و

Tc

پایدار است و این یکی تجزیه شده و تبدیل به‌عناصر دیگر می‌گردد؟ بدون شک نه! این نظریه باید رد می‌شد. اما شاید آن ستارگان جوانتر از زمین هستند و تکنسیم به‌سادگی شانس تغییر شکل یافتن را نداشته است. ولی این نظریه نیز باید رد می‌شد زیرا ستارگان فوق و سیارهٔ ما همه متعلق به‌یک دوران و یک نسل می‌باشند.

تنها توضیح موجه آنست که در حال حاضر تکنسیم در اعماق بعضی از منظومه‌های آسمانی "دوباره زنده می‌شود". علم هنوز از توضیح چگونگی دورهٔ انجام این کار و این تغییر و تبدیل ناتوان است. تنها می‌توان فرض کرد. یک فرضیهٔ‌علمی می‌گوید: واکنشهای گرما هسته‌ای به‌طور مداوم از زمان پیدایش ستارگان تاکنون در اعماق آنها در جریان است و بدین علت تکنسیم و عناصر جدید شیمیائی تحت تاثیر تشعشعات موجود "متولد" می‌شوند.

تصور این امر کاملا" امکان‌پذیر که در جائی از این جهان، جائی در کهکشانهای دور، در یک ستارهٔ ناشناخته، تپه‌های کوچکی در اثر فعالیت آتشفشانی بوجود آمده‌اند. این تپه‌ها (گدازه‌های آتشفشان) می‌باید دارای تکنسیم "تازه" که از کوه آتشفشان فوران شده است، باشند.

آیا ماهرگز می‌توانستیم تصور کنیم که در نقطه‌ای از این دنیا و در نزدیکی ما دایناسوری در حال چریدن است؟

فصل ششم

پـــــالا دیـــــم
(شوخی یک دانـــشمندانگلیسی)

Pd

یک صبح سرنوشت‌ساز. ــ یک اظهار عقیده نسنجیده. ــ
کنجکاوی جرم نیست. ــ حقیقت پنهان نمی‌ماند. ــ چگونه هیچکس
برنده جایزه نشد. ــ اعتراف به‌پنهانکاری. ــ شکست چنویکس. ــ
نام خدای عقل یونان. ــ ماموریتی از حکومت اسپانیا. ــ
به‌اندازه بسیار کم. ــ یک درصد اندک. ــ
آیا خورشید خرده‌های پالادیم دارد. ــ همه‌چیز نسبی است. ــ
طلای سفید. ــ یک مقام خوب. ــ زرهی محکم. ــ
در بیرونی‌ترین مدار. ــ پالادیم معجزه می‌آفریند. ــ همه خشنود
و راضی‌اند. ــ وسیله‌ای که فکر می‌کند. ــ آلیاژ با جاه و جلال. ــ
دو مدال پالادیم.

آنروز صبح ریچارد چنویکس، یک شیمیدان موفق انگلیسی، زودتر از معمول از خواب بیدار شد. ابرهای تیره و غلیظ بارانی از آسمان آویزان شده بودند، گویی باریدن شب تا صبح کافی نبوده،، باران در طی روز با شدت تمام می‌بارید مثل اینکه می‌خواست کیفیت و استحکام ساختمانهای لندن را آزمایش کند. به‌نظر می‌رسید که زمین و آسمان برآنند که هرچه بیشتر می‌توانند آب بر روی شهر بریزند.

اما ما نباید حواسمان را زیاد متوجه پدیده جوی جزیره مه‌آلود انگلیس بکنیم. آیااین‌امرحقیقت‌ندارد که در صبحگاه بارانی آنروز در سال ۱۸۰۳ اتفاقی افتاد و در طی آن به‌شهرت و اعتبار علمی چنویکس لطمه وارد شد؟

چنویکس در حالیکه یک فنجان قهوه صبحگاهی می‌خورد و به روزنامه‌های روی میزش نگاه می‌کرد ، به‌یک آگهی باور نکردنی برخورد ، که می‌گفت : "آقای فورستر *Forster* ، یک بازرگان و کلکسیونر مواد معدنی ، فلز جدیدی به‌نام پالادیم [1] را که هیچ شیمیدانی در جهان حتی تا روز قبل چیزی درباره آن نشنیده ، به قیمت مناسب می‌فروشد .

آیا آن یک شوخی ، یا یک دست‌اندازی علمی و یا یک حیله تبلیغاتی بود ؟ چنویکس کاملا" مطمئن بود که فلز جدیدی نمی‌تواند در آنجا به‌فروش برسد . اما با این همه حس کنجکاوی او را عازم مغازه کرد و حتی هوای بارانی آنروز مانع از اینکار نشد .

فورستربرای‌شگفتی بیشتر وی یک شمش کوچک حقیقی را به‌اونشان داد که شبیه پلاتین ولی بسیار روشنتر بود . فورستر توضیح داد که چند روز قبل آنرا همراه یک نامه با دستخطی زیبا که با لوازم التحریر گرانبهائی نوشته بود از فرد ناشناسی دریافت کرده است که پیشنهاد کرده این شمش کوچک ازفلز ناشناخته را بفروشد . و این تمام چیزی بود که فورستر برای چنویکس تعریف‌کرد . چنویکس تصمیم گرفت شمش را خریده و تجزیه کرده و معلوم نماید که آن چیست تا کیمیاگر گستاخ را که ادعای کشف فلز جدیدی را کرده بود ، استهزا کند . علاوه بر آن باید درسی به‌صاحب مغازه به‌خاطر شرکت در این فریبکاری و کلاهبرداری ننگین بدهد .

---

۱) پالادیم ــ عنصریست فلزی به‌رنگ نقره‌ای با وزن اتمی ۱۰۶/۷ و عدد اتمی ۴۶ که در طبیعت همراه پلاتین یافت می‌شود و شباهت زیادی هم به‌پلاتین دارد . وزن مخصوص ۱۱/۴۰ ونقطهٔ ذوبش ۱۵۵۵°C می‌باشد . در آلیاژها و نیز به‌عنوان کاتالیزور مورد استفاده است . م

چنویکس همکارش را از قصد خود مطلع کرد و آنها آماده و منتظر نتیجه بودند ، بزودی چنویکس طی مقاله‌ای که منتشر کرد اعلام نمود که عنصری که پالادیم نامیده می‌شود یک عنصر جدید نیست ، اما یک آلیاژ از پلاتین و جیوه است . ممکن بود اینطور به‌نظر برسد که کلاهبرداری و فریبکاری رو شده است . دانشمندان با تمام سختی سعی کردند پلاتین و جیوه را از هم تجزیه و تفکیک نمایند ولی افسوس که هرچه بیشتر و سخت‌تر کار کردند شکست خوردند . چنویکس که از این جریان رنج می - برد در توضیح این مسئله که وی معتقد است که جیوه در این آلیاژ آنقدر با ثبات و محکم ترکیب شده است که عملا" تجزیه و تفکیک پلاتین از آن امکان‌ناپذیر است ، عجله می‌کرد . بدین ترتیب وی تهیهٔ دوباره آن آلیاژ را در دستور قرار داد .

عشق مفرط به‌فلز جدید روز بروز فروکش می‌کرد ، تا وقتی که ناگهان یک آگهی در یک مجله علمی ، جایزه‌ای ۲۰ پوندی (!) برای کسی که در عرض یکسال بتواند از پلاتین و جیوه پالادیم تهیه نماید ، تعیین کرد . تهیه‌آن ممکن بود طبق روش چنویکس و یا از بعضی راههای دیگر باشد . تعداد افرادی که پول می‌خواستند به‌اندازه کافی زیاد بود اما یکسال گذشت و هیچکس حتی چنویکس هم نتوانستند پالادیم تهیه کنند .

بعد از مدت کوتاهی که از وقت تعیین شده گذشت ، در سال ۱۸۰۴ دکتر و شیمیدان معروف ویلیام ولاستون منشی انجمن سلطنتی (*Royal Society* و به‌عبارت دیگر آکادمی علوم) لندن ، گزارشی به‌جلسه انجمن داد ، مبنی بر اینکه در هنگام تجزیه پلاتین فلز ناشناخته‌ای که خواصش همانند خواص فلزی است که چنویکس سال پیش خریده و همچنین یک فلز دیگر که وی آنرا رودیم (*Rhodium*) نامید ، کشف کرده است .

درآغاز سال ۱۸۰۵ ویلیام ولاستون William Wollaston یک نامهٔ سرگشاده به‌مجله‌ای که آگهی راجع به‌جایزه در مورد پالادیم را منتشر کرده بود، فرستاد و در آن اعتراف کرد که وی مسئول آشوب و جنجالی که در اطراف پالادیم روی داده می‌باشد، زیرا وی پالادیم را کشف و آنرا به‌فورستر داده بود تا بفروشد و هم او بود که جایزه ۲۰ پوندی را تعیین کرده بود.

تعیین اینکه چه عاملی محرک ویلیام ولاستون در اینکار بود که کشف خود را به‌چنین روشی اعلام کند، مشکل است. اما در هرحال پالادیم برای چنویکس یک کشف منحوس و مصیبت‌بار بود. او به‌خاطر اشتباه بزرگش بزودی از شیمی دست کشید.

با گذاشتن نام "پالادیم" برفلز جدید، ویلیام ولاستون ستایش و قدردانی خود را از ستاره‌شناس آلمانی اولبرز (H.Olbers) که در سال ۱۸۰۲ یک ستاره جدید در منظومهٔ شمسی کشف کرد و نام آنرا به افتخار خدای عقل یونان (Pallas Athena)، Pallas گذاشت، ابراز داشت‌ونام پالادیم هم به‌خاطر آن و به‌افتخار وی انتخاب گردید.

بیست سال و اندی بعد متن زیر در مجلهٔ "گورنی" (Gorney، یک مجله مربوط به‌معدن‌شناسی) که در روسیه منتشر می‌شد، آمد: "در سال ۱۸۲۲ برین (G.Brean) بنا به‌دستور دولت اسپانیا موظف شد که تمام پلاتین محصول سالها درآمریکا را ذوب و تصفیه و پالایش‌کند و از اینرو او درپروسه کاردر روی بیش از ۶۱ پوط (پوط= ۱۶/۳۸Kg) پلاتین خام، موفق شد دو پوند[1] و یک چهارم پوند از پالادیم (فلزی که ولاستون کشف کرده بود) را جدا کرده و بدست آورد و ارزش‌آن به علت کمیابی فوق‌العاده‌اش پنج و نیم برابر ارزش طلا شد."

---

۱) پوند ـ واحد وزن برابر با ۴۵۳/۶۹ گرم است.

امروزه تخمین مقدار عناصر مختلف در پوسته زمین کم و بیش به‌درستی و با دقت امکان‌پذیر است. باید قبول کنیم که مقدار پالادیم موجود در پوسته زمین نزدیک به ده‌برابر بیش از ذخایر طلاست. اما جمع ذخایر پالادیم، مانند ذخایر سایر فلزات گروه پلاتین نسبتاً کم و فقط 5×10^{-6} درصد است. شیمی معدنی نزدیک به ۳۰ ماده معدنی را می‌شناسد که دارای پالادیم هستند. پالادیم برخلاف سایر عناصر گروه پلاتین همراه با پلاتین به‌طور طبیعی بدست می‌آید. معمولاً پالادیم طبیعی با پلاتین، ایریدیم طلا و نقره مخلوط و همراه است. خود پالادیم مکرراً به‌عنوان یک مخلوط در پلاتین و طلای طبیعی‌بدست می‌آید. یکنوع بسیار کمیاب طلای طبیعی به‌نام *Porpezite* که دارای ۱۱ ـ ۸ درصد پالادیم است، در برزیل پیدا شده است.

چون معادنی که دارای پالادیم میباشند نسبتاً کمیاب هستند از اینرو سنگهای معدنی سولفید نیکل و مس مواد خام معدنی برای استخراج پالادیم می‌باشند، البته مقدار پالادیم در این مواد معدنی نسبتاً کم و محصول پالادیم درتولید، نقش یک محصول فرعی را دارد. با تمام اینها، این امر باعث کاهش ارزش و بهای پالادیم نمی‌گردد. از جمله مناطقی که مقادیر قابل ملاحظه‌ای از سنگهای معدنی نیکل و مس دارند می‌توان ترانس وال و کانادا را نام برد. تقریباً در این اواخر زمین‌شناسان شوروی ذخایر وسیعی از سنگهای معدنی نیکل ـ مس در ناحیه نوریلسک (*Norilsk*) راکه‌دارای‌فلزات‌گروه‌پلاتین‌وبیشترپالادیم هستندکشف‌کردند.

این عنصر همچنین در دیگر اجرام آسمانی بدست می‌آید. این امر از تجزیه سنگهای شهابی که به‌روی زمین آمده‌اند ثابت شده است. سنگ شهابی آهن بیش از ۷/۷ گرم و سنگ شهابی صخره بیش از ۳/۵ گرم در هر تن پالادیم دارد. همه می‌دانند که در تجزیه طیفی نور خورشید لکه‌هائی هستند که احتمال دارد مربوط به پالادیم باشندولی

(شکل ۲۳)

برای دانش عمومی فهمیدن و اثبات آن مشکل است .

با وجود اینکه پالادیم در حدود یک و نیم برابر سنگین‌تر از آهن است ولی در بین "همکارانش" عناصر گروه پلاتین (Plationids) به عنوان یک عنصر سبک‌وزن شناخته شده است : پالادیم از نظر چگالی (۱۲ g/cm^3) به‌طور قابل ملاحظه‌ای نامرغوبتر از اسمیم (۲۲/۵ g/cm^3) ، ایریدیم (۲۲/۴ g/cm^3) و پلاتین (۲۱/۴۵ g/cm^3) می‌باشد . این عنصر همچنین نقطه ذوب پائین‌تری از دیگر عناصرگروهش دارد (۱۵۵۲°c) . آن حتی در درجه حرارت اتاق هم انعطاف پذیر است ، پالادیم کاملا " زیباست و خوب جلا برمی‌دارد ، از جلا نمی‌افتد ، زنگ نمی‌زند و مورد علاقهٔ جواهر فروشان است زیرا آنان پالادیم را

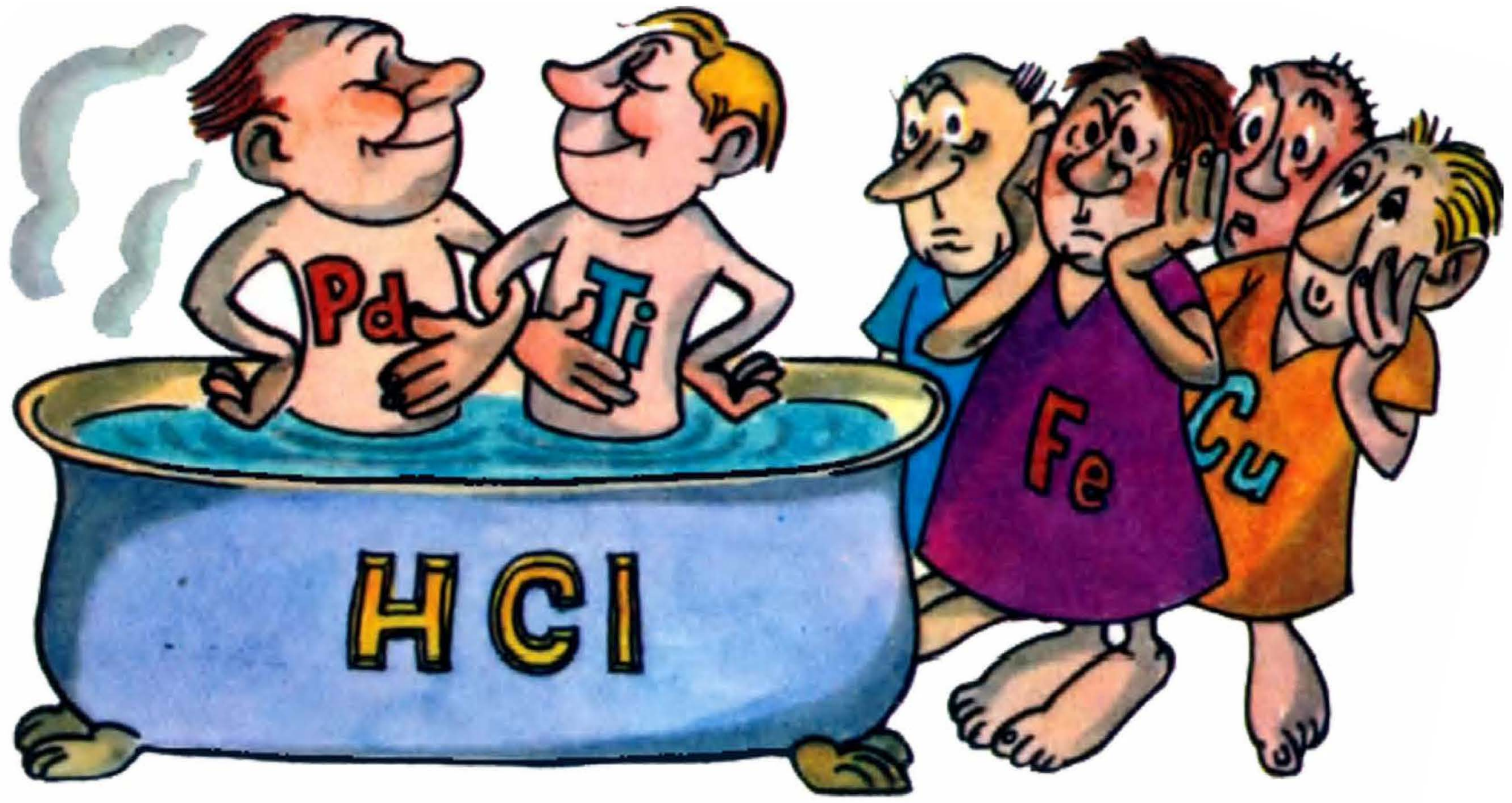
همراه با چیزهای دیگر در نگین‌ها قرار می‌دهند.

ما همیشه در روزنامه‌ها و چیزهائی مثل آن، اصطلاح "طلای سیاه" برای نفت، "طلای نرم" برای پوست خز و "طلای سبز" برای جنگلها را بکار می‌بریم، این یک اصطلاح روزنامه‌ای است و هرگاه صحبت از "طلای سفید" باشد منظور آن پنبه است.

اما حقیقتا" و بدون اغراق طلا می‌تواند سفید باشد: اگر مقدار کمی پالادیم به‌آن اضافه‌کنیم حتی رنگ زرد جزئی آنرا از بین برده و رنگ سفید قشنگی به‌آن می‌دهد، این نوع طلا برای ساختن ساعتهای مچی طلای سفید، دست‌بندها و نگینها به‌خصوص برای جواهر نشان کردن آنها فوق‌العاده موثر است.

معاشرت و اتحاد پالادیم با تیتانیم نتیجهٔ بسیار خوبی داده و عملا" اثبات شده است. تیتانیم عنصری است که به مقاومت زیاد در مقابل خورندگی شناخته شده است: حتی "خوره‌ای" مثل تیزآب سلطانی یا اسید نیتریک (جوهر شوره) نمی‌تواند کوچکترین "لقمه‌ای" از تیتانیم را بخورد. ولی به‌هرصورت‌تیتانیم تحت تاثیر اسید هیدرو کلریک و اسید سولفوریک تغلیظ شده کم‌کم خورده می‌شود. اگر تیتانیم با پالادیم "ویتامینه"شود (کمتر از یک درصد پالادیم افزوده شود) قدرت آن برای مقاومت کردن در مقابل این "تجاوزگران" به‌طور موثری افزایش می‌یابد.

این آلیاژ در کارخانجات شوروی برای استفاده در صنایع شیمیائی، صنایع نفت و صنایع اتمی ساخته می‌شود. اگر یک ورقه از این آلیاژ به‌مدت یکسال در داخل اسید هیدرو کلریک بماند فقط یکدهم میلی‌متر از ضخامتش را از دست می‌دهد در صورتیکه خود تیتانیم خالص در عرض یکسال بیش از ۲ میلی‌متر از ضخامتش را به "تجاوزکار" می‌دهد.



(شکل ۲۴)

چرا نفوذ پالادیم در تیتانیم اینقدر خوبست؟ توضیح اینکه اخیراً کشف شد که علت آن پدیده "بی‌مقاومتی و خود ـ حمایتی فلزات است. اگر مقدار کمی از فلزات اصیل مانند پالادیم، رتنیم و پلاتین به‌آلیاژهائی که از تیتانیم، آهن، کرم یا سرب تشکیل می‌شوند افزوده شود، دوام، استحکام و مقاومت آن آلیاژها درمقابل تحلیل شیمیائی، پوسیدگی، فساد تدریجی و زنگ‌زدگی، صدها و هزارها و حتی دهها هزار بار بیشتر می‌شود.

کارکنان آزمایشگاه آلیاژهای ضد زنگ انستیتوی شیمی ـ فیزیک آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی تاثیر پالادیم در روی فولاد کروم را که در قسمتهای مختلف و قطعات متفاوت بکار برده می‌شوند آزمایش کردند. این قطعات به‌وسیله بسیاری از اسیدها در عرض چند روز خراب شده و از بین می‌روند. تمام مسئله وقتی است که فلز در یک محلول اسید فروبرده‌شود ویونهای‌مثبت آن در داخل محلول پراکنده

شوند و در آنجا آزادانه و به‌راحتی با الکترونهای آزاد ترکیب می‌شوند و در جریان آن گاز هیدروژن تولید می‌شود که عامل اصلی پوسیدگی و انهدام فلز می‌باشد، اما وقتی قطعات ساخته شده با همان فولاد را باکسری‌ازیک‌درصد پالادیم‌همراه‌سازیم‌جریان‌تحلیل و حل شدن فورا" متوقف می‌گردد. علت آن است که بلافاصله روی فلز را لایه‌ای از پالادیم‌فرامی‌گیرد و مانع تاثیر اسید می‌شود. و مثل اینست که قطعات ماشین را با یک روپوش محافظ پوشانده باشیم. فولادی که‌بدینطریق‌زره‌پوش می‌شود عملا" "غیرقابل تسخیر" و غیر قابل تاثیر می‌گردد. اثر اسید سولفوریک جوشان روی این فولاد زره‌پوش بیش از چند دهم میلی متر در سال نبود. (فولاد عادی در این مورد ممکن است چند سانتی‌متر از ضخامتش را از دست بدهد).

خود پالادیم به‌آسانی توسط بعضی از عناصر دیگر قابل نفوذ و تاثیر است. برای نمونه ترکیب آن با بعضی از فلزات هم گروهش مانند رتنیم (۴ درصد) و رودیم (یک درصد) استحکام آنرا دو برابر افزایش می‌دهد.

آلیاژهای پالادیم با فلزات دیگر (عمدتا" نقره) در دندانپزشکی برای ساختن دندانهای مصنوعی عالی بکار برده می‌شوند. نقاط اتصالی مهم، مهم‌ترین کنتاکتها در وسایل الکترونیک، تلفن و دیگر لوازم با پالادیم روکش داده می‌شوند. مصنوعات ساخته شده از این فلز: پیچ و مهره‌های گوناگون، قالبها و کلاهک‌های مخصوصی که دارای سوراخهای متعددند و برای تولید سیمهای بسیار بسیار نازک و الیاف مصنوعی مواد مخصوصی به‌طور پرس شده از میان این سوراخها عبور می‌کند. از پالادیم درساختن ترموکوپلها (وسیله اندازه‌گیری اختلاف درجه حرارت) و بعضی از وسایل پزشکی استفاده به‌عمل می‌آید.

(شکل ۲۵)

بهرحال خواص شیمیایی منحصر به‌فرد پالادیم ویـژگی بسیار جالبی برای‌آن‌محسوب می‌شود. برخلاف سایر عناصر شناخته شده در علم امروز، هسته اتم پالادیم در مدار آخرش (بیرونی‌ترین مدارش) تعداد ۱۸ الکترون به‌طور کامل دارد. به‌عبارت دیگر گنجایش و ظرفیت پالادیم برای پذیرش و جذب الکترونهای عناصر دیگر پر و کامل می‌باشد و این پـدیده توضیح‌گـر علـت شیمیائـی فـوق‌العـاده و استثنائی پالادیم است. تحت شرایط معمولی حتی فلـوئـور (Fluorine)، این "قادر مطلق" نـمی‌تواند تاثیری بیش از آسیب یک نیش پشه به‌یک فیل، بر پالادیم داشته باشد. فقط به‌کمک درجه حرارت بالاتر است که فلوئور و دیگر اکسید کننده‌های قوی می‌توانند برپالادیم تاثیر داشته باشند.

پـالادیـم مـی‌تـواند مقـداری از بعضی گازها بـه‌خصوص گاز هیدروژن را جذب کند (و یا آنطور که شیمیست‌ها و فیزیکدانان می ـ

گویند ، بخورد) . در درجه حرارت اتاق یک سانتی‌متر مکعب پالادیم می‌تواند چیزی در حدود ۸۰۰ حجم هیدروژن را جذب کند . چنین اعمالی طبیعتا " روی پالادیم اثر می‌گذارد و آنرا متورم ، پف‌کرده و ترک خورده می‌کند .

یکی دیگر از خواص بسیار جالب پالادیم که اهمیتش کمتر از دیگر خواص آن نیست ، همکاری آن با هیدروژن است . مثلا " اگر هیدروژن را با پمپ به‌داخل یک ظرف ساخته شده از پالادیم بفرستیم و سپس در ظرف را مهر و موم کرده و گرم کنیم ، هیدروژن از میان دیواره ظرف پالادیم به‌راحتی تراوش خواهد کرد (به‌همان راحتی که آب از میان الک فرو می‌ریزد) . اگر ظرف فوق را $240°C$ گرم کنیم از هر سانتی‌متر مکعب آن به‌ضخامت یک میلی‌متر، در هر دقیقه ۴۰ سانتی‌متر مکعب هیدروژن تراوش می‌کند . با بالاتر رفتن درجه حرارت نفوذ پذیری این فلز نیز بیشتر می‌شود .

پالادیم مانند سایر فلزات گروه پلاتین یک کاتالیزر بسیار عالی است . این خاصیت پالادیم همراه با توانائی آن در انفال هیدروژن یک پدیده اخیرا " کشف شده توسط گروهی از شیمیدانان مسکو را روشن می‌کند ، و آن عبارتست از : تسریع دو طرفه واکنش دو عنصر نسبت به هم با وجود یک کاتالیزر ، و در اینجا پالادیم . این امر تقریبا " بمثابه اینست که واکنشها به‌همدیگر کمک می‌کنند ، البته تا وقتی که عناصر شرکت کننده در واکنش درهم مخلوط نشده باشند .

حال تصور کنید که ظرفی داریم که توسط یک پرده پالادیم به دو قسمت جداگانه تقسیم شده است . یکی از قسمتها دارای بنزن (Benzene) و دیگری دارای بوتن (Butene) می‌باشد . در اینجا پرده پالادیم نقش کاتالیزر را بازی می‌کند و مولکولهای هیدروژن را از بوتن آزاد می‌کند . این مولکولها از جدار پالادیم عبور کرده و به قسمت دیگر که بنزن دارد می‌روند و در آنجا به‌راحتی

(شکل ۲۶)

با مولکولهای بنزن ترکیب می‌شوند. وقتی بوتن هیدروژن از دست می‌دهد به بوتادین (Butadiiene ، ماده خام برای تولید لاستیک مصنوعی) تبدیل می‌شود. در صورتیکه بنزن، هیدروژنها را جذب کرده و به سیکلو هگزان (Cyclohexane ، که از آن الیاف مصنوعی و نایلون ساخته می‌شود.) تبدیل می‌گردد، ترکیب شدن هیدروژن با بنزن حرارت تولید می‌کند، و جدا شدن هیدروژن از بوتن نیز نیاز به گرما دارد. و چون هر دو واکنش در داخل یک ظرف انجام می‌گیرد حرارت حاصل از واکنش اول مکمل واکنش دومی می‌باشدو بدین ترتیب نقش کاتالیزری پالادیم معلوم می‌شود.

به‌کمک یک قشر کاتالیزر پالادیم، بدست آوردن هیدروژن بسیار

خالص از نفت خام و بنزین طبیعی میسر و ممکن می‌گردد، که این هیدروژن در ساختن اجسام نیمه هادی (Semi- Conduetors) و تولید فلزات کاملا" خالص بسیار ضروری و لازمتر از سایر چیزهاست.

امروزه پالادیم زیاد گران نیست، قیمت آن یک پنجم قیمت پلاتین است. این حقیقت مهمی است که سال به‌سال برای پالادیم آینده روشن‌تری ساخته‌می‌شود. عرصه‌های جدیدی برای استفاده از این فلز توسط کامپیوترهائی که به‌آسانی از عهده چنین مسایلی برمی‌آیند، پیدا شده است، در صورتیکه اطلاعات ضروری درباره‌ٔ موضوعی که کامپیوتر باید "فکر کند" برای آن تهیه و تدارک دیده شده باشد.

امروزه این امر برای هرکسی تعجب‌آور است که کامپیوترها شطرنج بازی می‌کنند، مراحل مختلف تولید را کنترل می‌کنند، زبانهای مختلف خارجی را به‌هم ترجمه می‌کنند، مسیر پروازهای فضائی سفاین را محاسبه و تعیین می‌کنند. بدین ترتیب چرا نباید آلیاژهای جدید با خواص منحصر به‌فرد را بیافرینند.

این دقیقا" وظیفهٔ معینی بود که کارکنان انستیتو متالوژی آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی در بایکوو چند سال پیش به‌عهده‌گرفتند. نخست برنامه‌زبان‌کامپیوتر (الگوریتم Algorithms، زبانی که به‌وسیله آن اطلاعات، مشخصات و مختصات مختلف موجود را به‌ماشین می‌دهند و اطلاعات مورد نیاز توسط آن خواسته می‌شود و آن اغلب زبان عددی و ارقامی است) ساخته شد و سپس دانسته‌های موجود دانشمندان را دربارهٔ تقریبا" ۱۵۰۰ نوع آلیاژ با اطلاعات مکمل درمورد اجزاء تشکیل دهنده آنها، ساختمان اتمی آنها، نقاط ذوب و انواع بلورهای آنها و طرز شبکه‌بندی بلورها و غیره... به حافظه کامپیوتر مینسک – ۲۲ (۲۲ – Minsk) دادند. کار کامپیوتر تعیین انواع جدید ترکیبات براساس اطلاعات داده شده است. آن

ترکیبات جدیدی از فلزات را که می‌توان ساخت معرفی می‌کند و مشخصات اصلی آنها را بیان می‌دارد همچنین موارد کاربرد واستفاده از آنها را تعیین می‌کند.

یک لحظه تصور کنید که در گذشته چگونه و به‌چه شیوه‌هائی به چنین مسایلی پرداخته می‌شد. بی‌شک به‌شیوه‌های ابتدائی، با دست و به‌وسیله آزمایشات و تجربیات متعارفی. این بدان معناست که هر فلز منتخب برای مورد مشخص، قطعا" با مقادیر اندکی از سایر فلزات، مرکب بوده است. نمونه چنین فلزاتی در گذشته تهیه شده‌اند و همچنین آلیاژهائی که بدست آمده‌اند این امر را بیان می‌کنندو در هر حال این نمونه‌ها که نتیجه کار گذشتگان می‌باشند باید هم از نظر فیزیکی و هم از نظر شیمیائی مورد مطالعه و تحقیق قرار بگیرند تا معلوم شود که آیا چه عاملی باعث شده که ترکیبات مزبور نه فقط از دو فلز بلکه از سه، چهار و یا پنج جزء ترکیب شده‌اند. تهیه و بدست آوردن خود این فلزات در گذشته با امکانات ابتدائی و کم باید کار واقعا" دشواری بوده باشد و شاید برای تهیه‌شان دهها سال و حتی قرنها وقت صرف شده باشد. در اینجا صحبت از عناصر و فلزاتی که فراوانند و یا کمیاب و گرانبهایند نیست، بلکه صحبت از کار بس دشواری است که پیشرفت امروز جهان نیازمند آن است. این امر کاملا" احتمال دارد که طبیعت واقعا" ازعناصری‌مثل رنیم، ایندیم و پالادیم به‌مقدارکافی نداشته‌باشد.

در ضمن اینکه "تغذیه حافظه" کامپیوتر، رموز و علائم و فرمولها هستند، در عین‌حال "بهره‌دهی" کار کامپیوترها واقعا" در مقیاس بالائی عالی و بی‌نظیر است. آنها می‌توانند اطلاعات علمی ــ فنی وسیع و جامعی را در آنِ واحد دراختیار شما بگذارند که بدون وجود آنها اینکار بسیار دشوار و شاید هم غیرممکن باشد.

در نتیجه کار فوق‌العاده پیچیده و بغرنجی که تحت نظر

Ye.M.Savtsky عضو مشاور آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی انجام گرفت، برای بشر ممکن گردید که به‌وسیله کامپیوترها پیشگوئی کند و سپس بعضی آلیاژهای واقعا" منحصر به‌فرد خود را تولید نماید.

از میان نخستین فلزات "متولد شده توسط کامپیوتر" می‌توان آلیاژهای پالادیم را ذکر کرد، آلیاژ استثنائی و بسیار زیبای بنفش رنگ پالادیم ـ ایندیم یکی از آلیاژهای فوق بشمار می‌آید. اما مطمئنا" رنگ برای آلیاژ تولید شده چیز زیاد با اهمیتی نیست، بلکه کیفیت حرفه‌ای آن دارای اهمیت زیادی است. ذکر این نکته لازم است که: از نظر کیفیت آلیاژ تولید شده در سطح بالائی قرار دارد. مثلا": یکی از آلیاژهای جدیدی که در انستیتو متالوژی بایکوو (*Baikov*) آماده بهره‌برداری شد، آلیاژی است از ترکیب پالادیم و تنگستن که اعتبار و طول عمر و دوام بسیاری از وسایل الکترونیکی با به‌عرصه آمدن آلیاژ فوق ۲۰ بار افزایش می‌یابد.

ساویتسکی *Savitsky* می‌نویسد: "پیشگوئی کامپیوتر طبیعتا" در مورد آلیاژهائی که به‌سادگی با ترکیب کردن ساده اجزایشان به‌دست می‌آیند، بکار نمی‌رود. اما جائی که ترکیبات پیچیده‌ای برای تولید آلیاژهای مقاوم در مقابل فشار زیاد و درجه حرارت فوق‌العاده بالا لازم است و همچنین در تولید آلیاژهائی که باید در مقابل میدانهای مغناطیسی و الکتریکی بتوانند مقاومت و ایستادگی کنند، کمک کامپیوترها لازم و ضروری است." نزدیک به ۸۰۰ ترکیب سوپر رسانا (فوق‌هادی) و تقریبا" ۱۰۰۰ آلیاژ با خواص ویژهٔ آهنربائی اخیرا" توسط کامپیوترها پیش‌بینی شده‌اند. علاوه بر این کامپیوترها به‌مطالعه ۵۰۰۰ ترکیب از فلزات کمیاب خاکی اشاره‌می‌کنند که‌فقط یک‌پنجم آنها تاامروز شناخته شده‌اند. همچنین دستورات ارزشمندی درخصوص عناصر ترانسورانیک

(Transuranic ، : عناصری که سنگین‌تر از اورانیومند) توسط کامپیوترها داده شده است.

به‌عقیده ساویتسکی : "امکانات امتزاج ترکیبات غیرآلی بیکران و بی‌پایان است. و ممکن است تعداد عناصر جدید حاصله از امتزاج ترکیبات غیر آلی در چند سال آینده، دهها بار افزایش یابد. شکی نیست که آنها شامل موادی با خواص فیزیکی و شیمیایی جدید و کمیاب خواهند بود که برای اقتصاد ملی و تکنولوژی مدرن ضروری هستند.

ما با گفتن تاریخ دو مدال (نشان) ساخته شده از پالادیم به داستانمان درباره پالادیم خاتمه می‌دهیم : مدال اول : یک و نیم قرن پیش توسط انجمن زمین‌شناسی لندن به‌افتخار ویلیام ولاستون تعیین شد. آن در ابتدا از طلا ساخته شد، اما بعد از اینکه متالوژیست انگلیسی به‌نام جانسون (Johnson) پالادیم خالص را از پرپزیت (Porpezite) برزیلی استخراج کرد، این مدال فقط از پالادیم ساخته شد.

این مدال در سال ۱۹۴۳ به ژئوشیمیست و معدن‌شناس برجسته شوروی آکادمیسین فرسمان (Fersmann) اعطاء گردید و اکنون در موزه تاریخ ملی اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی نگهداری می‌شود. مدال دوم : این مدال توسط انجمن الکتروشیمی آمریکا برای کار برجسته در زمینه الکتروشیمی و تئوری مراحل تحلیل و فساد تدریجی فلزات تعیین گردید. در سال ۱۹۵۹ این مدال به‌الکتروشیمیست برجسته اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی، آکادمیسین فرامکین (A.N.Frumkin) اعطاء شد.

فصل هفتم

کادمیـــــم

(نامی به‌خاطر کادموس قهرمان افسانهٔ فنیقی)

Cd

یک بازرس سخت‌گیر . ــ راز رسوب زرد . ــ نقل قولهائی از افسانه‌ها . ــ مدعیان تقدم . ــ یک اعاده اعتبار . ــ یک گاور کادمیم . ــ یک مهمان ناخوانده . ــ ریشها متداول می‌شوند . ــ یک شبکه تار عنکبوتی قوی . ــ باطریهای نیکل ــ کادمیم . ــ یک تیغ جدید برای فضانوردان . ــ یک پیس میکر معتبر . ــ در تجسس انگشت نگاری . ــ گروه سه‌تائی در کار . ــ در داخل راکتور هسته‌ای . ــ کاری در یک ناحیه پرت . ــ نور چراغهای دیده‌بانی . ــ قیمتهای خیلی زیاد . ــ "ساخته شده در فضا" . ــ جنبه‌های منفی . ــ یک کمیابی فوق‌العاده .

تمام این ماجرا با یک بازرسی شروع شد . اما ما باید دوستداران رمانهای پلیسی را که در ناامیدی به‌سر می‌برند آگاه کنیم که آن بازرسی ویژه در مورد دستگیری گروهی کلاهبردار نبود بلکه یک بازرسی از داروخانه‌ها بود که موجب کشف یک عنصر جدید شیمیائی گردید .

این جریان در آغاز قرن گذشته در آلمان اتفاق اتفاد . دکتر رولو (*Rolow*) پزشک بازرس داروخانه‌های یک بخش، در بازرسی داروخانه‌های تحت مسئولیت خود ، متوجه شد که بسیاری از آنها ، داروهای محتوی اکسید روی را فروخته‌اند ، وی گمان برد که این داروها شاید محتوی ارسنیک باشند . چون این عنصر همیشه به‌علت داستانهای

متعدد شومی که با وی همراه بوده، مشهور به‌بدنامی می‌باشد و انگشت‌نما و رسوا شده است. (به‌عنوان مثال: این امر هنوز از طرف بسیاری از مورخین باور می‌شود که ارسنیک باعث مرگ ناپلئون شده است). دکتر رولو فروش داروهای مذکور را ممنوع کرد و اکسید روی را که توقیف کرده بود تجزیه نمود. اولین آزمایشها توسط یک پزشک مراقب که به‌نظر می‌رسید نظر دکتر رولو را تایید کند انجام شد: وی با افزودن سولفید هیدروژن بر اکسید مزبور، رسوب زرد رنگی که بسیار شبیه سولفید آرسنیک بود بدست آورد. ولی صاحب کارخانه تولید این داروی‌شوم، به‌نام هرمان (Hermann) بدون یک مبارزه تسلیم نشد. وی که حرفه‌اش داروسازی بود محصولات خود را با استفاده از همهٔ روشهای شناخته‌شده، ازنظر داشتن آرسنیک به‌دقت‌بررسی‌کرد، و طبق نتایج‌حاصله نظریه دکتر رولو را آشکارا رد کرد. هرمان برای "اعاده اعتبار کردن" داروهای بی‌ضررش، تقاضائی به‌مقامات محلی فرستاد.

(شکل ۲۷)

مسئولین استان *Hannover* قبل از اجرای یک حکم قطعی لازم دیدند که درصدد کسب عقیدهٔ پروفسور استرومیر (*Stromeyer*) که رئیس دپارتمان شیمی دانشگاه گوته بود، برآیند، و وی به‌عنوان قسمتی از مسئولیتش، بازرسی عمومی تمام داروخانه‌های استان فوق را در دست گرفت.

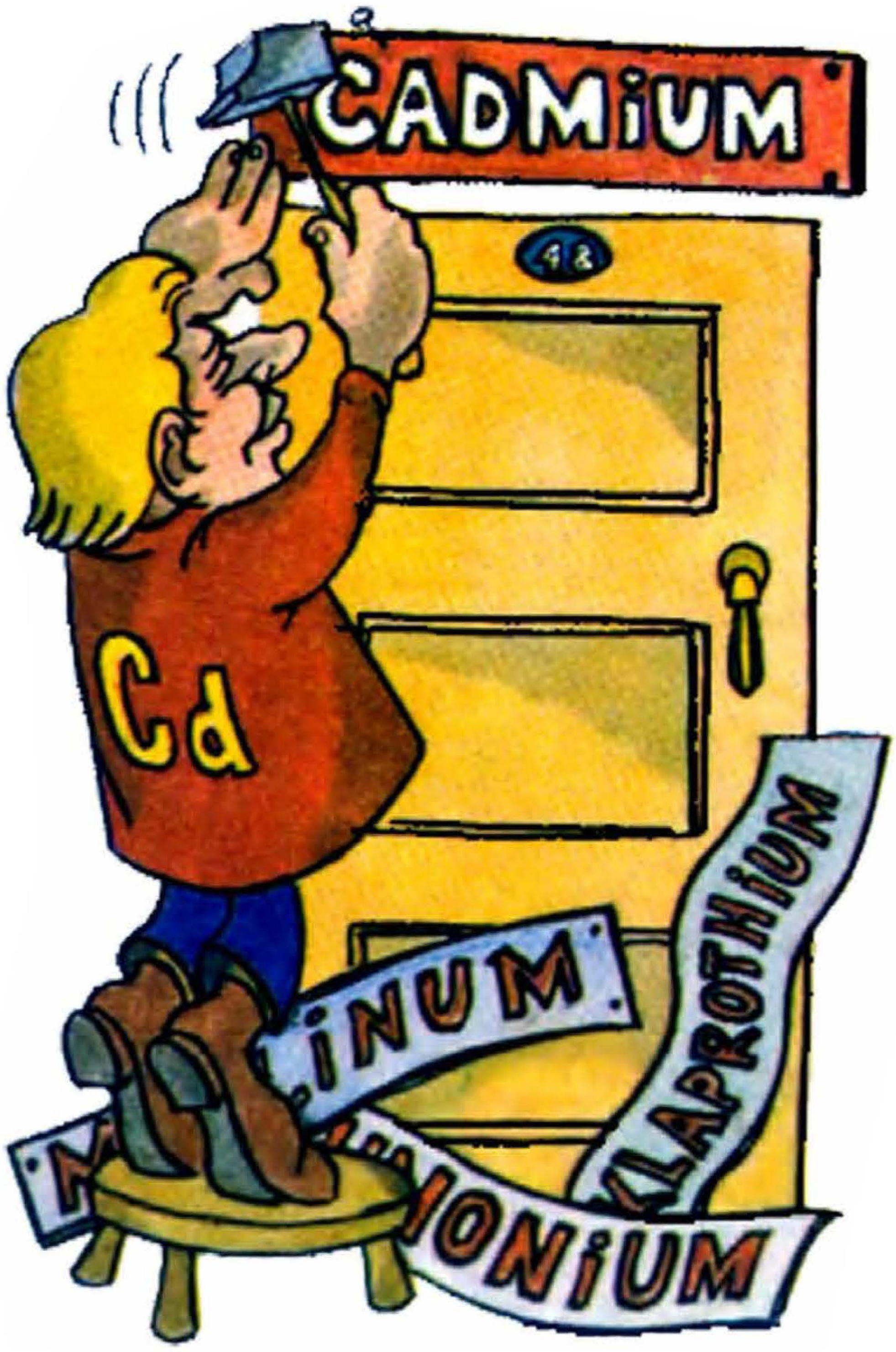
نمونه‌هائی از داروهای ساخته شده محتوی اکسید روی از کارخانه هرمان به‌دپارتمان شیمی دانشگاه گوته فرستاده شد، و بازرس عمومی بررسی و تجزیه آنها را در دستور کار خود قرار داد. شیمیدانان در شهر *Schönebek* (شهری که کارخانه هرمان در آنجا بود) برای بدست آوردن اکسید روی، کربنات روی را تکلیس می‌کردند (تولید اکسید با حرارت‌دادن نمکهای اکسی). پروفسور استرومیر نیز همین کار را انجام داد و با شگفتی دریافت که ترکیب حاصله زرد رنگ است در صورتی که اکسید روی باید سفید باشد.

هرمان توضیح داد که وجود آهن درترکیب فوق باعث ایجاد رنگ زرد می‌باشد. دکتر رولو پافشاری داشت که آن آرسنیک است. استرومیر کربنات روی را تجزیه کامل نمود و فلز جدیدی کشف کرد که بسیار شبیه روی به‌نظر می‌آمد. اما به‌وسیله سولفید هیدروژن به‌آسانی می‌توانست از آن جدا شود. این دانشمند آن فلز را "کادمیم"[1] نامید و با اینکار خود رابطه روی و کادمیم را نیزمشخص کرد. از زمانهای قدیم *Cadmea* به‌زبان یونانی به‌معنی سنگ معدن روی است. چنانکه افسانه‌ای در این رابطه وجود دارد: این کلمه از *Cadmus* فنیقی که گفته می‌شود باید

---

۱) کادمیم ــ عنصریست با وزن اتمی ۱۱۲/۴۱ و عدد اتمی ۴۸، فلز نرم سفید نقره رنگی است و در طبیعت همراه با روی یافت میشود. وزن مخصوص آن ۸/۶۴ و نقطه ذوبش ۳۲۰/۹°C می‌باشد. م

اولین کسی باشد که یک صخرهٔ دارای روی را کشف کرده و متوجه شده است که آن در طول مدت گداختن یک رنگ جزئی طلائی به‌مس داده است ، سرچشمه گرفته‌است. *Cadmus* دیگر : یک قهرمان افسانه‌ای بود که در یک نبرد سخت بر اژدها پیروز شده بود و در دور تا دور سرزمین خود قلعه‌ای از *Cadmea* ساخت که بعدها تبدیل به‌شهر بزرگ هفت‌دروازه (*Thebes*)



(شکل ۲۸)

استرومیر در سال ۱۸۱۸ مقاله‌اش را با شرح مختصری دربارهٔ فلز جدید انتشار داد و بلافاصله بعد از آن چند مدعی برای پیشی‌گرفتن در این کشف جدید پیدا شدند . اولین مدعی رولو بود که ما درباره‌اش توضیح داده‌ایم . اما ادعای وی به‌علت بی‌اساس بودن رد شد ، کمی بعد استرومیر و هم‌چنین علاوه بر وی شیمیدان آلمانی به‌نام کرستان

(Kerstan) در سنگهای معدنی روی در سیلسیا Silesia فلز جدیدی را کشف کرده و پیشنهاد کردند که این‌فلز به‌علت رنگ سولفیدش باید Melinum (زرد شبیه بِهْ) نامیده شود. همچنین دو دانشمند دیگر به‌نامهای گیلبرت (Gilbert) و جان (John) رد پاهائی را از عنصر جدید کشف کردند. یکی از آنها پیشنهاد کرد که آن عنصر باید Junonium نامیده شود و دیگری پیشنهاد کرد که Kalprothium نامیده شود (به‌افتخار شیمیدان معروف آلمانی Martin Klaproth (مارتین کلاپروت)، کاشف اورانیم، زیرکونیم و تیتانیم. اما جبران خدمات بزرگ Klaproth به‌علم با گذاشتن اسمش روی یک عنصر شیمیائی مقدر نبود و نام کادمیم همچنان کادمیم باقی ماند.

این فلز به‌صورت خالص نسبتا" سنگین (سنگین‌تر از آهن) و نرم است. اگر یک میلهٔ کادمیم را خم کنیم صدای ترق و تروق کردن می‌دهد که به‌علت از شکل طبیعی خارج شدن بلورهایش می‌باشد. همین حالت در قلع مشاهده می‌شود (گریهٔ قلع!)

نقطهٔ ذوب بسیار پائین کادمیم (۳۲۱°C) اجازه استعمال آنرا به‌عنوان یکی از اجزاء ترکیب شونده در آلیاژهای دارای نقطه ذوب پائین می‌دهد. از بین آنها آلیاژ وود Wood (۱۲/۵ درصد کادمیم) در سال ۱۸۶۰ توسط یک مهندس نه‌چندان معروف بریتانیائی به‌نام Wood تهیه شد. شاید به‌این دلیل است که فلز وی اغلب به‌فیزیکدان مشهور آمریکائی به‌نام Wood نسبت داده می‌شود. اما دلیل بسیار معتبری وجود دارد که نفر دوم این آلیاژ را نساخته است زیرا وی هشت سال بعد از ساخته شدن آن آلیاژ متولد شد.

آلیاژهای دارای نقطهٔ ذوب پائین به‌عنوان ماده‌ای برای لحیم و ریخته‌گریهای ظریف و پیچیده، به‌علاوه در سیستمهای اتوماتیک اعلام خطر آتش‌سوزی و حریق، و نیز در بستن شیشه به‌فلزات بکار می‌روند.

آلیاژهای کادمیم دارای صفت مشخصهٔ خوبی چون ضد اصطکاک بودن هستند. آلیاژی متشکل از ۹۹ درصد کادمیم و یک درصد نیکل در

یاتاقانهای موتورهای اتومبیلها، هواپیماها و کشتی‌ها بکار می‌رود. یاتاقانهای ساخته شده از آلیاژ کادمیم گاهی اوقات برای اینکه از زیان و تاثیر اسیدهای آلی موجود در روغنها محافظت شوند با روکشی از ایندیم پوشانده می‌شوند. از سوی دیگر روکش کادمیم محافظ قابل اعتمادی برای کالاهای آهنی و فولادی درمقابل زنگ‌زدگی و فساد تدریجی در اثر هوا می‌باشد. در گذشته روکش کادمیم با فرو بردن یک فلزدر داخل کادمیم مذاب تشکیل می‌شد، اما امروزه این عمل تنها به صورت الکترولیتی انجام می‌شود. روکش کادمیم بیشتر قسمتهای اساسی هواپیماها و کشتی‌ها و همچنین کالاهای مختلفی را که برای مصرف در آب و هوای گرمسیری در نظر گرفته شده‌اند می‌پوشاند. پوششهای کادمیم به‌خصوص در محیطهای طبیعی موثر هستند. مقاومت این پوششها در مقابل فساد تدریجی در مناطق روستائی بیش از مناطق صنعتی می‌باشد. در تعدادی از صنایع، کادمیم خیلی مورد استقبال قرار می‌گیرد، اما در صنعت غذائی این فلز به‌علت سمی بودن کاملا" ممنوع شده است. در بعضی از کشورها این اصل حتی از نظر قانونی رسمی شده است.

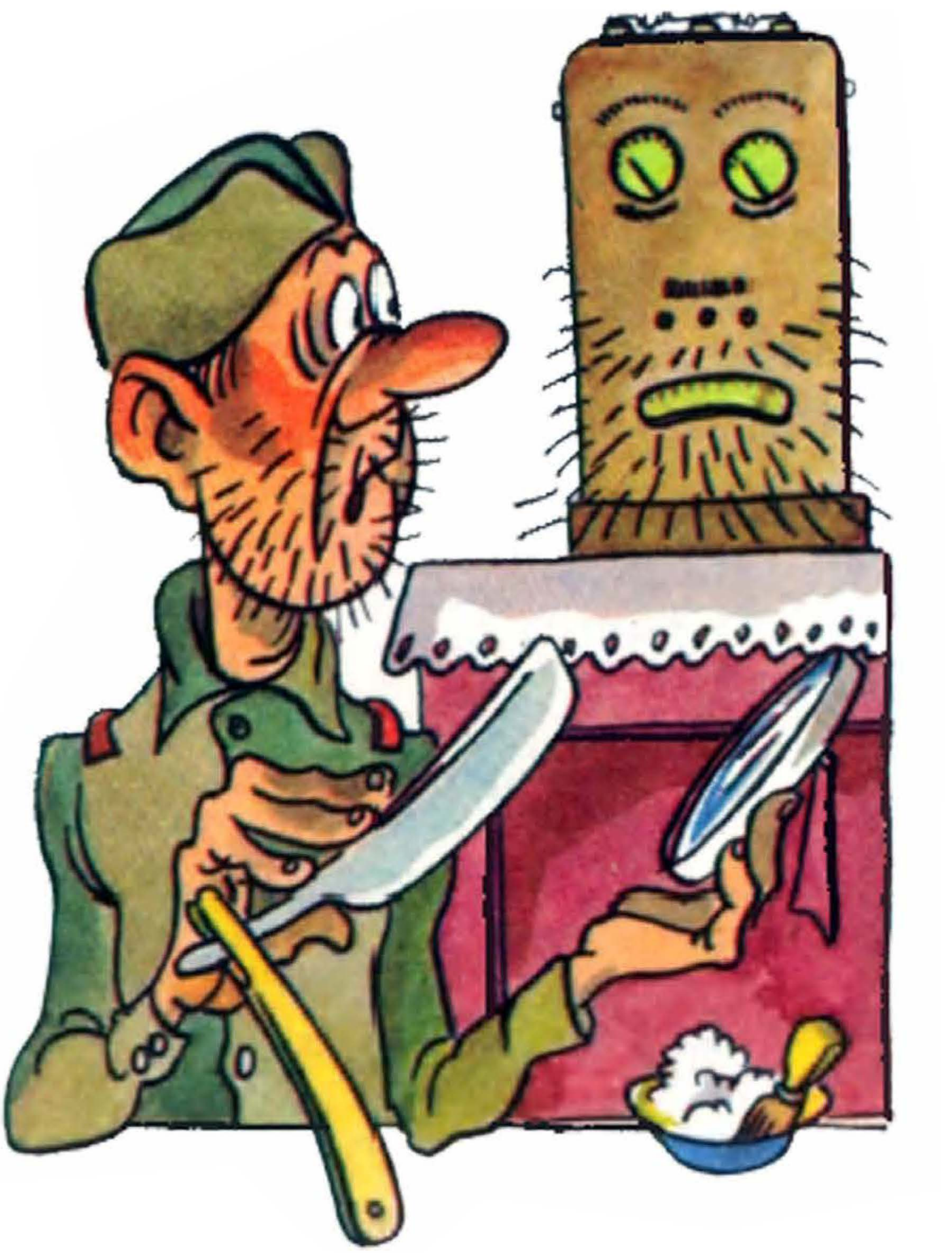
تا این اواخر روکش‌های کادمیم دارای عیبی بودند که اکنون نیز محسوس است، چیزی که روی داد این بود که در خلال مرحلهٔ الکترولیتی برای نشست روکش کادمیم روی یک تکه فولاد، هیدروژن الکترولیت توانست به‌داخل فلز نفوذ کند. این مهمان بی‌نهایت ناخوانده سبب گردید که فولادهای فوق‌العاده قوی دچار "بیماری" خطرناکی شوند ـ شکنندگی هیدروژن باعث خرابی ناگهانی فلز زیر بار (بار مثبت یا منفی) می‌شود، بنابراین از طرفی روکش کادمیم به‌طور قابل اعتمادی قسمتی از فلز را از فساد تدریجی محافظت کرد و از سوی دیگر خطر تجزیهٔ زودرس و نابهنگام آنرا به‌وجود آورد. به‌این علت بود که مهندسین اغلب مجبور بودند کارها را بدون خدمات کادمیم

انجام دهند.

کارکنان انستیتو شیمی ـ فیزیک آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی موفق به‌پیدا کردن یک داروی شفادهنده برای این بیماری شدند. معلوم گردید که اگر یک اتم تیتانیم به‌یک لایه ورقه کادمیم که محتوی ۱۰۰۰ اتم کادمیم می‌باشد اضافه شود در این حالت دیگر روکش کادمیم برای فولادها با خطر شکنندگی هیدروژن در فولاد همراه نیست، زیرا در جریان عمل آب فلزکاری (روکش‌کاری) تیتانیم تمام هیدروژن را از فولاد جذب می‌کند.

یک فصل مهم در تاریخ بلورهای الیاف مانند، معاشرت و پیوند با کادمیم است. در جنگ جهانی دوم که گاهی اوقات تجهیزات الکترونیکی به‌دلیل نامعلومی از کار می‌افتادند، مشخص شد که این مشکل به‌علت وجود بلورهای بسیار ریز قلع یا کادمیم به‌قطر ۱ الی ۲ میکرون که گاهی اوقات به‌سطح قسمتهائی از فولاد که با یکی از این دو فلز پوشانیده شده‌اند می‌آیند، می‌باشد.

مبارزه موفقیت‌آمیز با بلورهای الیاف مانند یا "موی صورت گربه" به‌عنوان "رشد" یک فلز زیـــان‌آور امر مطالعهٔ آنها را در درجه اول ضروری می‌نمود. بنابراین "موهای صورت" فولاد! موضوع مطالعات متعددی شدند وبزودی معلوم شدکه‌آنهابایک نیروی‌استثنایی‌تقریبا" علمی‌مشخص می‌شوند. این حقیقت تغییر برجسته‌ای در طرز تلقی نسبت به "موهای صورت" بوجود آورد و بزودی روشهای موثری برای رشد آنها آماده بهره‌برداری شد و معلوم شد که آنها در بسیاری از عرصه‌های تکنولوژی بی‌نهایت مفید هستند. از آن زمان به‌بعد بلورهای رشته مانند صدها عنصر و ترکیب شیمیائی در آزمایشگاه‌های بسیاری از کشورها رشد داده شدند، اما مهمترین آنها نوع قلع و کادمیم است که اولین عناصری بودند که علاقهٔ دانشمندان را جلب کردند.



(شکل ۲۹)

میلیونها کیلومتر سیم مسی در شهرهای ما پیچیده شده‌اند: به دلیل وجود این "تار عنکبوت" تراموا‌های برقی در سرتاسر خیابانها در تمام مسیرها در حرکت هستند. ضمن حرکت تراموا کلکتورها با حرکت خود بیرحمانه سیمهای مسی را می‌سایند و این سیمها به‌همین دلیل سریعا" کهنه و فرسوده می‌شوند. اینجاست که کادمیم سودمند واقع می‌شود: اضافه کردن این عنصر به‌مقدار کم (در حدود یک درصد) به‌مس، به‌طور قابل ملاحظه‌ای استحکام و سختي آنرا افزایش می‌دهد، در حالیکه عملا" تاثیر زیان‌آوری روی خواص آن بجا نمی‌گذارد. سیمکشی از ترکیب مس و کادمیم حتی در شلوغ‌ترین و پرکارترین شاهراههای حمل و نقل، سالها بدون تعویض خدمت می‌کند.

تکنولوژی مدرن بدون باطریهای ذخیره‌کننده نیرو غیرقابل تصور است. وجود آنها در کشتی‌ها، زیردریایی‌ها، سفینه‌های فضائی، وسائط نقلیه موتوری و دستگاههای رادیو، تلفن و تلگراف، لامپهای معدنچیان و سمعکها، روشنایی‌های بی‌حفاظ و خیره‌کننده در عکاسی و چراغهای راهنما ضروری می‌باشد. (فهرست کردن تمام موارد استعمال آنها به‌سادگی شمردن تمام ستاره‌ها در آسمان است!) این اختراعات ساده شامل دو الکترود فرو برده در یک محلول الکترولیتی می‌باشند که انرژی الکتریکی ذخیره کرده و آنرا تبدیل به‌انرژی شیمیائی می‌کنند و سپس در مواقع لازم انرژی شیمیائی‌را دوباره به‌انرژی الکتریسیته تبدیل می‌کنند و این عمل را تا آنجا که لازمست انجام می‌دهند. باطریهای نیکل ـ کادمیم وسیع‌ترین موارد استفاده را دارند، در آنها به‌عنوان مثال: صفحه قطب منفی و الکترود آن از یک رشته شبکه آهنی پر شده از اسفنج کادمیم و صفحات قطب مثبت با اکسید نیکل پوشیده می‌شوند. محلول الکترولیت این‌جریان، کربنات پتاسیم است. چنین باطریهائی با کار برجسته، قابلیت اعتماد زیاد، عمر طولانی مشخص می‌شوند و فقط ۱۵ دقیقه برای شارژ آنها وقت لازم است.

پزشکان یک مورد استفادهٔ جالبتری برای باطری نیکل ـ کادمیم پیدا کرده‌اند. در این مورد باطری در داخل دستگاهی به‌نام پیس مِیکر (Pace Maker) قرار داده شده است و دستگاه مزبور در داخل سینه بیمار قلبی گذاشته می‌شود. این مولد برق کوچک شده! با انرژی خود عمل قلب را تکمیل میکند. اما یک باطری نمی‌تواند به‌مدت نامحدودی کار کند و باید هرچند وقت یکبار دوباره شارژ شود. آیا این بدان معنی استکه هر زمان که باید اینکار انجام شود بیمار مجبور به‌دراز کشیدن روی میز عمل جراحی است؟ مسلما" نه. برای نگهداری باطری شخص مربوطه باید هفته‌ای یکبار به‌مدت یکساعت و نیم یک ژاکت مخصوص

مغناطیسی بپوشد. اخیرا" هزاران نفر از مردم بهره‌وری و برتری پیس ـ میکرهای جدید را به‌تجربهٔ شخصی مشاهده کرده‌اند.

اخیراء دادگاه جنائی بریتانیا کادمیم را بکار گرفته است: سطوح خاک‌آلود با بکارگیری پودر کادمیم بسیار خالص به‌صورت خیلی آشکاری اثر انگشت را کشف می‌کند.

(شکل ۳۰)

ترکیبات کادمیم اجزاء اصلی تشکیل دهندهٔ باطری Weston می‌باشند. این باطری چیزی شبیه ژنراتور معمولی است *(emf)*. این باطری شامل یکی از ترکیبات کادمیم، بلورهای سولفات کادمیم و یک محلول آبکی از این نمک می‌باشد. یکی از صفات مشخصه باطری فوق اینست که در درجه‌حرارت اتاق در محدوده خیلی کوچکی در نوسان است.

اواسط قرن بیستم با پیشرفت بی‌سابقهٔ علمی و تکنولوژیکی و فتح مرتفع‌ترین قله‌ای که بهره‌برداری از انرژی اتمی را عملی می‌ساخت،

مشخص شد. مطیع کردن و شکست دادن نیروهای خارق‌العاده و عجیب و غریب موجود در هسته‌های اتم نه فقط مستلزم مغزهای نابغـــه، بلکه همچنین نیازمند مواد دارای خواص منحصر به‌فرد بود. کادمیم یکی از چند فلزی بود که توسط طراحان راکتورهای هسته‌ای مورد استفاده قرار گرفت.

نقش این فلز در صنعت اتمی چیست؟ یک راکتور بدون کنترل میله‌های تنظیم‌کنندهٔ جریان نوترون نمی‌تواند راه‌اندازی و بهره‌برداری شود، مانند یک اتومبیل که بدون ترمزهایش نمی‌تواند بکار انداخته شود. با کشیده شدن ضامن نگهدارنده، میله‌های کنترل به‌آهستگی بالا می‌روند و مسیر جاری شدن نوترونها به‌راکتور را بـــاز می‌کنند. اما اگر مقدار نوترونهای جاری شده بیشتر باشد میزان واکنش شدت می‌یابد و میله‌های کنترل نوترونها دوباره پائین می‌آیند و به‌طور موثری جلو جاری شدن آنها را مثل سابق می‌گیرند و واکنش و فعالیت راکتور کاهش می‌یابد.

هر راکتور همچنین یک میله بزرگ ایمنی دارد که به‌طور موثری در هنگام وقوع حادثه میله‌های کنترل را از عمل بازمی‌دارد. اما اگر میلهٔ ضامن ایمنی نیز موفق به از کار انداختن راکتور نشود چه اتفاقی می‌افتد؟ و این درست همان اتفاقی است که در کالیفرنیا در مرکز اتمی آمریکا روی داد. در نتیجه یک اشتباه و خطا در طرح، میله ایمنی موفق نشد به‌داخل مرکز ثقل فعال فرو رود و در نتیجه عنان واکنش از کنترل خارج شد، و یک خطر بزرگ برای جمعیت محلی آفرید، مردم مجبور شدند فوراً منطقه خطر را ترک کنند تا "آتش" واکنش هسته‌ای خاموش شد. خوشبختانه این حادثه هیچ قربانی به‌جای نگذاشت. اما خسارات و ضایعات زیادی به‌بار آورد و خود راکتور از دستور کار خارج شد و برای مدتی قابل استفاده نبود.

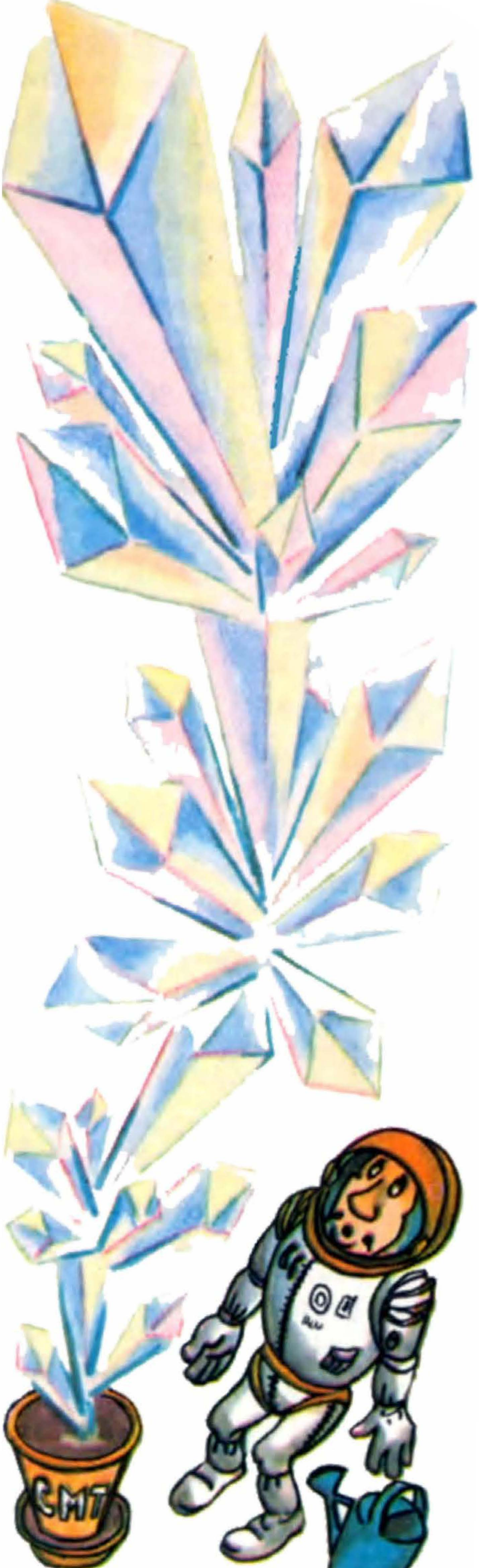
مهمترین کاری که از فلز سازنده میله ایمنی خواسته می‌شود، توانائی جذب نوترونهاست و کادمیم یکی از "بزرگترین متخصصین" در این زمینه است. فقط یک شرط وجود دارد: این توانائی فقط به‌نوترونهای حرارتی که انرژی آنها خیلی کم است مربوط می‌شود (جزئی از یکصدم یک الکترون ولت). در سالهای اول عصر اتم راکتورهای هسته‌ای با نوترونهای حرارتی کار می‌کردند و برای مدتی طولانی کادمیم در میان موادی که برای ساختن میله‌های کنترل راکتورهای هسته‌ای بکار می‌رفت نقش اول را بازی‌کرد، بعدها کادمیم مجبور شد که نقش عمده و مهم خود را به بُر و ترکیبات آن تسلیم کند. (بُر فلزی از گروه آلومینیم است). با وجود این متخصصین فیزیک اتمی حوزه‌های بیشتری برای فعالیت کادمیم کشف کرده‌اند. به‌عنوان مثال: یک صفحه کادمیم قرار گرفته‌در مقابل جریان تغییرات پی‌در پی نوترون امر مطالعهٔ توزیع نوترونها و تعیین مقدار انرژی و یکنواختی آنها و نیز نسبت نوترونهای حرارتی را ممکن می‌سازد.

مادامی که صنعت تولید نیروی هسته‌ای چیزی شبیه "یک مرکز محرک" تکنولوژی مدرن است صنعت رنگسازی و صیقلکاری فقط یک مسئله فرعی است. در اینجا نیز هنوز کادمیم به‌عنوان یک مسئول در کارهای مربوط به‌راکتورهای هسته‌ای به‌خوبی انجام وظیفه می‌کند. سولفید کادمیم به‌عنوان یک ماده معدنی برای رنگسازی حتی در قرن گذشته بکار می‌رفت. دایرةالمعارف فنی چاپ سالهای ۱۹۰۰ شامل متن زیر دربارهٔ کاربرد آن در رنگسازی می‌باشد: "... رنگهای زرد (زرد لیموئی ــ تا ...) از محلول ضعیف اسید و محلولهای خنثی سولفات کادمیم بدست می‌آیند، و وقتی با سولفات سدیم ته‌نشین می‌شوند زردهای تیره‌تر را تولید می‌کنند. زردهای کادمیم (زرد لیموئی تا نارنجی) شش رنگند و می‌توانند به‌یک یا چند شیوه تولید شوند. این مادهٔ رنگی در

شکل آماده خود دارای یک رنگ زرد براق زیبائی است. آنها در بازهای ضعیف و اسیدها نسبتا" ثابت‌اند و در مقابل سولفید هیدروژن مطلقا" غیر حساس‌اند. از این جهت مخلوط خشک آن با آبی لاجوردی مادهٔ رنگی سبز تابانی ایجاد می‌کند که کادمیم سبز تجارتی نامیده می‌شود. و وقتی با روغن خشک مخلوط شود رنگ خوبی برای نقاشی ساختمان و خانه خواهد بود. این رنگ توانائی خوبی برای روکش و پوشش بودن دارد، اما چون خیلی گران می‌باشد (هر پوندی ۵ تا ۶/۵ روبل = منات روسی) اغلب در هنر، در ساختن رنگ روغن و آبرنگ و همچنین در چاپ بکار برده می‌شود. این رنگها به‌سبب دیرگداز بودن در نقاشی و رنگ‌آمیزی چینی‌آلات بکار می‌روند..."

در سالهای اخیر سولفید کادمیم به‌عنوان یک رنگ با ارزش، به ویژه از طرف مؤسسین حمل و نقل با راه‌آهن، که سالها از آن برای نوشتن روی کالاهایشان استفاده کرده بودند، مورد توجه بود. نه این امر که آن دارای "قدرت پوششی خوب" است، بلکه مقاومت زیاد آن در مقابل تاثیر بد" دود لکوموتیو باید زیاد توضیح داده می‌شد. اخیرا" سولفید کادمیم خالص نسبتا" گران جای خود را به‌ماده‌های رنگی ارزانتری به‌نام‌های کادموفن *Cadmompone* و لیتوفن روی ـ کادمیم داده است که دومی دارای رنگ شیری زیبائی است.

سولفید کادمیم به‌سبب قدرتش در ایجاد نور آبی پر رنگ یا در صورت اضافه شدن مواد معینی به‌آن، نور آبی کمرنگ و ارغوانی روشن، موارد استفاده وسیعی در فنون آتشبازی دارد. اما در این زمینه استعدادهای نهانی ترکیبات کادمیم نامحدود می‌باشد. کادمیم در ترکیب با سلنیم یک رنگ قرمز ارائه می‌دهد. ستاره‌های کاخ کرملین مسکو به‌علت رنگ قرمز یاقوتی‌شان از این ترکیب درست شده‌اند. به عبارت دیگر، کادمیم با تمام رنگهای رنگین‌کمان روابط دوستانه‌ای دارد. مواد


СМТ

رنگی کادمیم در رنگرزی لاستیکها، پلاستیکها و الیاف مصنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همان نمکهای کادمیم (سولفید و سلنید) همچنین دارای خواص نیمه‌هادی می‌باشند. دانشمندان پیشنهاد می ـ کنند که بلورهای سولفید کادمیم برای یک سهم مهم در توسعه الکترونیکی، فیزیک هسته‌ای و علم اصوات (به‌خصوص در آمپلی‌فایرهای ماوراء صوت) در نظر گرفته شوند.

احتمال می‌رود که سولفید کادمیم در حل مسئلهٔ تبدیل انرژی خورشیدی به‌انرژی الکتریکی موضوع تحقیقات شدید و متمرکز در بسیاری از کشورها باشد، زیرا این حقیقتی است که فقط ۰/۰۰۱ درصد از انرژی بسیار عظیم منتشر شدهٔ خورشید بکار برده می‌شود و این مقداری نیست که ما به‌آن ببالیم. به‌همین دلیل گفته فیزیکدان برجسته فرانسوی‌به‌نام‌فردریک‌ژولیوت‌کوری (*Frederie Joliot-Curie*) که سرتاسر زندگیش را وقف بدست آوردن انرژی هسته‌ای کرده بود، موجه بود. وی گفته بود که: "برای بشریت حل مسئله استفاده از انرژی خورشیدی مهمتر از آماده سازی انرژی هسته‌ای می‌باشد". اخیرا" باطریهای خورشیدی برای سفینه‌های فضائی طرح‌ریزی شده‌اند. هم‌اکنون برجهای دیده‌بانی در جزایر کامچاتکا (*Kamchatka*) و کاریل (*Kurile*) با انرژی خورشیدی به‌خوبی کار می‌کنند: ۲ یا ۳ ماه هوای آفتابی، برجهای دیده‌بانی را قادر می‌سازد که یکسال تمام کار کنند. چون باطریهای سیلیسیم که اکثرا" برای این هدف مناسب می‌باشند بسیار گران هستند و انرژی رایگان خورشید را نسبتا" گران می‌سازند، فیزیکدانها تعدادی دیگر از عناصر خیلی ارزانتر را در نظر گرفته‌اند. به‌عنوان مثال در ایالات متحده آمریکا باطریهای خورشیدی که برای این منظور تخصیص داده شده‌اند به‌شکل یک فیلم نازک براساس سولفیدـ های کادمیم و مس ساخته شده است. اگرچه آنها هنوز چندان موثر

نیستند ، اما متخصصین اطمینان دارند که می‌توانند آنها را بهتر نموده و کاردهی آنها را افزایش دهند . اخیرا" تمایل به‌انجام بسیاری از آزمایشات فني نه در لابراتوارهای زمینی ، بلکه در فضارشد یافته است . یکی از شخصیتهای داستان علمی ـ افسانه‌ای *Beyond The Earth* که توسط کنستانتین تسیول کوسکی (*Konstantin Tsiolkovsky*) (۱۹۳۵ ـ ۱۸۷۵) نوشته شده است می‌گوید : "ما اینجا در فضا یک امکان عالي و شگفت‌آور برای انجام همه نوع کارهای متالوژیکی داریم . اما فقط ۳۰ یا ۴۰ سال از آن زمان گذشته بود که قوه تخیل و حاصل تصورات یک دانشمند بزرگ به‌واقعیت پیوست . در حقیقت بی‌وزنی وسیله‌ای منحصر به‌فرد برای انجام آزمایشات علمی و فنی می‌باشد . اما چون گنجایش آزمایشگاههای فضائی هنوز زیاد و کافی نیست ، "شرکت ـ کنندگان" آزمایشات فضائی می‌باید خیلی با دقت و از میان جالب توجه‌ترین و خوش‌آتیه‌ترین و ضروری‌ترین مواد انتخاب شوند . کادمیم یکی از خوش‌بخت‌ها بوده است : برنامه یک مطالعهٔ فضائی دربارهٔ مواد ، شامل تولید تعدادی از مواد نیمه هادی از جمله تلورید و سولفید کادمیم ، به‌علاوه ترکیبات کادمیم ، جیوه و تلوریم *(CMT)* که همه آنها به‌وسیله دستگاههای " *splav* " و "*Kristall*" در ایستگاه مداری سالیوت ـ ۶ ترکیب و تهیه می‌شوند ، در حال اجرا است .

دانشمندان عملا" به‌رشد بلور (*CMT*) که یک محلول خالص از تلوریدهای کادمیم و جیوه است علاقمند می‌باشند . این ترکیب یک ماده نیمه هادی است که در به‌عمل آوردن منعکس‌کننده‌های اشعه مادون قرمز ضروری می‌باشد ، ماده‌ای است که در طب ، زمین‌شناسی ، ستاره‌شناسی ، الکترونیک ، مهندسی رادیو وبسیاری‌از عرصه‌های دیگر ، در وسایلی که دقت و صراحت زیاد احتیاج دارند بکار می‌رود . بدست آوردن این ماده در شرایط زمینی بی‌نهایت مشکل است : اجزاء تشکیل دهندهٔ آن به‌علت

تفاوتهای زیاد در وزن مخصوصشان نمی‌توانند با یکدیگر ترکیب شوند و گاهی اوقات دانشمندان به‌جای یک مادهٔ ثابت و متحدالشکل یک "چیز نامنظم و درهم‌برهم" سه رگه بدست‌می‌آوردند. آنها می‌باید به‌خاطر بدست آوردن یک بلور ریز، یک بلور درشت به‌عمل آورند. نازکترین لایه سرحد آنرا ببرند و بقیه را دور بیاندازند و راه دیگری وجود ندارد: خالص بودن و ثابت بودن بلور درصدها میلیونیم از یک درصد ارزیابی گردیده و تشخیص داده می‌شود. یک گرم از این بلورهای عجیب کوچک در بازار جهانی ۸۰۰۰ دلار ارزش دارد.

به‌این دلیل است که دانشمندان چنین ذخیره بزرگی را در شرایط بی‌وزنی، جائی که اجزاء تشکیل دهندهٔ بلور به‌هیچ وجه دلیلی برای رقابت با یکدیگر ندارند، قرار می‌دهند: اجزاء ترکیب شونده در سالیوت دست از سبک و سنگین بودن برمی‌دارند و به‌طور یکنواخت و متجانس ترکیب می‌شوند. در آزمایشگاه سالیوت در طول مدت چند ساعتی که عمل تبلور انجام می‌گرفت سکون مطلق حاکم بود، مرکز کنترل پرواز متوجه شد که ایستگاه فضائی هیچگونه حرکتی ندارد و موتورهای آن کار می‌کنند تا جهت حرکت بعدی را تعیین نمایند. حتی در طول این مدت فضانوردان اجازه نداشتند هیچگونه تمرین فیزیکی انجام دهند و حتی چرخهای Ergometric نیز ساکن بودند.

سعی و کوشش دانشمندان نتایج خوبی به‌بار آورد: همچنانکه تجربه مقدماتی نمونه‌های برگردانده شده به زمین نشان داده است، بلورهای بدست آمده در فضا به‌اندازه کافی بزرگ هستند و ساختمان منظمی دارند. آنها تاکنون در احتیاجات صنعتی مورد استفاده قرار نگرفته‌اند اما برای یک مطالعه دقیق به‌تعداد زیادی از آزمایشگاهها داده شده‌اند. با وجود این، با اطمینان خاطر می‌توان اظهار داشت که دور نیست آن زمانی که بلورهای متولد شده در فضا، در بسیاری از

وسایل بکار خواهند رفت .

علیرغم موارد زیاد کاربرد کادمیم ، جنبه‌های منفی مصرف آن نیز وجود دارند : چند سال قبل یکی از کارمندان سرویس حفظ تندرستی و سلامتی آمریکا ، ارتباط مستقیمی بین مرگ و میرهای ناشی از بیماریهای قلب و عروق و حجم کادمیم انباشته شده در چند شهر آمریکا کشف کرد . کشف وی براساس یک مطالعه روی ساکنین ۲۸ شهر آمریکا بود . وی ضمن مطالعه دریافت که مرگ و میرهای ناشی از بیماریهای قلبی و عروق در شهرهای شیکاگو ، نیویورک ، فیلادلفیا ، و ایندیاناپولیز (حجم کادمیم در آنها بیش از دیگر شهرهای مورد مطالعه بود) بیش از شهرهای دیگر می‌باشد .

به‌یکباره دشمن پیدا شد و باید با آن مبارزه می‌شد . آزمایشات اولیه توسط آن دسته از دانشمندان آمریکائی که روی طرحی که قصد داشت آب خلیج می‌سی‌سی‌پی را از کادمیم و جیوه تمیز کند کار می‌کردند ، انجام شد . هدف این آزمایش با سنبلهای روئیده در آب خلیج برآورد شد ، گلها به‌علت رشد فوق‌العاده سریعشان توسط آزمایش‌کنندگان چیده شدند . اما از آن زمان تاکنون هیچ نتیجه‌ای گزارش نشده است ، این آینده است که نشان خواهد داد که چگونه "روش گلها" موثر است .

در حالیکه پزشکان و زیست‌شناسان سعی مـــی‌کنند به این امر که کادمیم زیان‌آور است تحقق بخشند و در جستجوی راههائی برای کاستن و پائین‌آوردن حجم آن در محیط هستند ، دانشمندان تکنولوژیست از هیچ کوششی برای افزایش تولید آن مضایقه نمی‌کنند . حالا مقایسه کنید : در نیمهٔ دوم قرن گذشته فقط سالیانه ۱۶۰ تن کادمیم تولید می‌شد ، در پایان سالهای ۱۹۲۵ تولید آن در کشورهای سرمایه‌داری تقریبا " در حدود ۷۰۰ تن بود ، و در سالهای ۱۹۵۰ به

۷۰۰۰ تن رسید (این زمانی است که کادمیم به‌عنوان یک ماده سوق‌ـ الجیشی برای میله‌های راکتورهای هسته‌ای مورد توجه قرار گرفت) .

در طبیعت کادمیم کمیاب و بسیار پراکنده است ، حجم آن در پوسته زمین بی‌اندازه کمتر از بریلیوم ، اسکاندیم ، ژرمانیم و سزیم می‌ـ باشد . حتی حجم ایندیم که به‌عنوان یکی از کمیاب‌ترین عناصر مورد رسیدگی قرار می‌گیرد ، بیش از کادمیم است . مواد معدنی دارای کادمیم بسیار کم هستند و این عنصر اغلب در روی و سنگ معدنهای سرب ـ روی و مس ـ روی حضور دارد . این فلز از این سنگ معدنها به‌عنوان یک محصول فرعی بدست می‌آید . اما بی‌شک همانطور که شما نیز توجه کرده‌اید این امر به‌هیچ وجه از ارزش کادمیم نمی‌کاهد .

فصل هشتم

ایندیم
(عضو سرزمین عجایب)

In

ناپلئون حاضر است سرکیسه را شل کند . ـ
اما شانس یارش نشد . ـ یک مداد چقدر می‌ارزد ؟ ـ یک‌عنصر پرزحمت . ـ
مدتی‌نیست‌که‌خواص‌رادیواکتیومخفی‌شده . ـ یک عنصر بشدت کمیاب . ـ
کشفی‌درآریزونا . ـ شکستن‌مه‌در روی‌جزیره‌بریتانیا ـ گاردهای آتش‌نشانی
می‌توانند به‌خواب‌روند . ـ فیزیکدانان از توضیح یک‌پدیده عاجزند . ـ
یک سلطان زیرآب . ـ یاتاقانها باید تحت پوشش قرار بگیرند . ـ
اطلاعاتی‌درخصوص‌مواد پرکننده دندان . ـ یک روکش فلزی .
طلای سبز . ـ اندازه‌گیری جریان نوترونها . ـ یک خالص ناخالص . ـ
یک بلور شگفت‌آور . ـ تولد از گرد و خاک . ـ آیا یک توپ فوتبال
چه‌چیزی برای‌مطالعه دارد ؟ ـ همیشه یک مهمان عزیز .

نیل ، ماده رنگی آبی‌سیر ، آورده شده از سرزمین شگفت‌آور هندوستان ، از زمانهای بسیار قدیم در اروپا دارای ارزش زیادی بوده است . این رنگ از نظر صافی و خالصی با خطوط آبی طیف خورشیدی می‌تواند رقابت کند . مالکین کارخانه‌های بافندگی که از این رنگ برای رنگ‌کردن پارچه‌های پشمی و دیگر منسوجات خود استفاده می‌کردند ، در صرف پولهای خود برای خرید "ملکه رنگها" دریغ نکردند .

در پایان قرن هیجدهم وقتی که نیروی دریائی بریتانیا راههای دریائی اروپا به‌هند و دیگر کشورهای جنوبی را مسدود کرد ، نیل و دیگر مصنوعات کشورهای بیگانه خیلی کمیاب شدند . ناپلئون به‌علت تمایل زیادش به‌نگهداری و حفظ اونیفورم باستانی آبی‌سیر ارتش خود ، قول یک

میلیون فرانک جایزه (در آن زمان مبلغ بزرگی بود) به‌کسی که روشی برای ساختن این رنگ شگفت‌آور از یک ماده خام اروپایی ابداع کند، را داد.

دلیل اینکه ما داستمانمان درباره ایندیم [1] را با اشاره به‌نیل شروع کردیم در انیست که رنگ این ماده رنگی باعث نام عنصر شماره ۴۹ شده است.

در سال ۱۸۶۳ در یک شهر کوچک آلمان از استان *Freiburg*، پروفسور *Reich* و دستیارش *Richter* روزی در آزمایشگاه خود مشغول یک مشاهده طیفی مقداری از مواد معدنی عنصر روی بودند که در کوههای *Saxony* کشف شده بود. آنها در جستجوی طیف عنصری به‌نام تالیم (*Thalium*) که دو سال پیش از آن کشف شده بود، بودند. آنها با تجزیه نمونه‌ها یکی پس از دیگری هنوز موفق به‌آشکار کردن خطوط سبز تیره تالیم در طیف‌ها نشدند. ولی با این همه آن روز شانس یارشان بود وعاقبت پاداش کوشش‌شان را گرفتند، این دانشمند و دستیارش یک خط آبی بی‌نهایت روشن، متعلق به‌عنصری که تا آن زمان ناشناخته بود را در یکی از طیفها دیدند، آنها یک عنصر جدید را کشف کردند. و این عنصر را ایندیم نامیدند.

مشکل دانشمندان اکنون جدا کردن این عنصر بود. و این مشکل تا وقتی که آنها دو شمش فلزی ایندیم را که هرکدام به‌اندازه و شکل یک مداد بود بدست آوردند در سر راه آنها بود. شباهت به‌مداد تنها از

---

۱) ایندیم ـ عنصریست فلزی با وزن اتمی ۱۱۴/۸۲ و عدد اتمی ۴۹، فلز نرم و نقره‌ای رنگی است. وزن مخصوص آن ۷/۳۱ و نقطه دوبش ۱۵۵°C می‌باشد. ترکیبات این فلز فوق‌العاده کمیاب هستند.م

نظر ظاهر نبود بلکه ایندیم فلزی بطور غیرعادی نـرم بود (تقریبا " ۵ برابر نرمتر از سرب و ۲۰ مرتبه نرمتر از طلای خالص) از ده ماده معدنی که به‌نرمی معروفند ، ۹ عدد آنها سختتر از ایندیم هستند و فقط یکی از آنها به‌نام طلق نرمتر از ایندیم است . اگرچه ایندیم مثل مداد روی کاغذ اثر می‌گذارد ولی نوشتن با مداد ایندیم باید به‌مضحکی سوخت‌گیری کردن بخاری با پول باشد . آکادمی علوم فرانسه نمونه‌های این فلز جدید را ۸۰۰۰ دلار قیمت‌گذاری کرد . به‌عبارت دیگر هر گرمی ۷۰۰ دلار .

وقتی که برای اولین‌بار ایندیم در جهان پیدا شد طبیعتا " هیچکس گمان نمی‌برد که این عنصر بتواند مندلیف را گیج کند . اما ایندیم کاشفین خود را که آنرا به‌عنوان یکی از خویشاوندان نزدیک روی قلمداد کردند و پذیرفتند که آن نیز دو ظرفیتی است ، آنقدرها هم سرزنش نکرد . به‌علاوه ، این نتیجه‌گیریهای آنها که وزن اتمی عنصر جدید ۷۵/۶ می‌باشد نیز اشتباه‌آمیز بود ،اگر چنین می‌بود ، برای ایندیم در جدول دوره‌ای مندلیف مکانی وجود نداشت .

مندلیف اظهار عقیده کرد که ایندیم سه ظرفیتی است ، در خواصش بیشتر نزدیک به‌آلومینیم است و وزن اتمی آن۱۱۴می‌باشد این یکی از چند موردی بود که مندلیف در صفات ممیزه عناصر شناخته شده برپایه قانون تناوبی که وی کشف کرده بود تصحیحهای مهمی انجام داد . تجربه بعدی این عقیدهٔ مندلیف را تایید کرد. براساس اکثر روشهای صحیح ثابت شد که وزن اتمی ایندیم ۱۱۴/۸۲ است . این عنصر در خانه شماره ۴۹ جدول در ردیف سوم قرار گرفت .

ایندیم طبیعی مرکب از دو ایزوتوپ به‌وزنهای اتمی ۱۱۳ و ۱۱۵ است،نسبت دومی به‌اولی خیلی بیشتر است (۹۵/۷ درصد) . تا اواسط قرن حاضر دانشمندان معتقد بودند که هردوی این ایزوتوپها پایدار

هستند . اما در سال ۱۹۵۱ کشف شد که ایندیم – ۱۱۵ اشعه بتا می – دهد و بدین علت به‌تدریج به‌قلع – ۱۱۵ تغییر شکل می‌دهد اگرچه این مرحله بی‌نهایت آهسته است : نیمه عمر هسته‌های ایندیم – ۱۱۵ مساوی با ۶×۱۰^{۱۴} سال است . در نتیجهٔ تغییر شکل بدین آهستگی است که ایندیم به‌طور طبیعی می‌تواند از عهده پنهان کردن خاصیت رادیو – اکتیوش برای مدت زمانی به‌این درازی برآید . از آن زمان به‌بعد دانشمندان فیزیک توانسته‌اند تعداد ۲۰ ایزوتوپ رادیواکتیو از ایندیم بدست آورند : نیمه عمر یکی از آنها (ایندیم – ۱۱۴) با طولانی‌ترین مرحلهٔ پوسیدگی و تشعشع ۴۹ روز است .

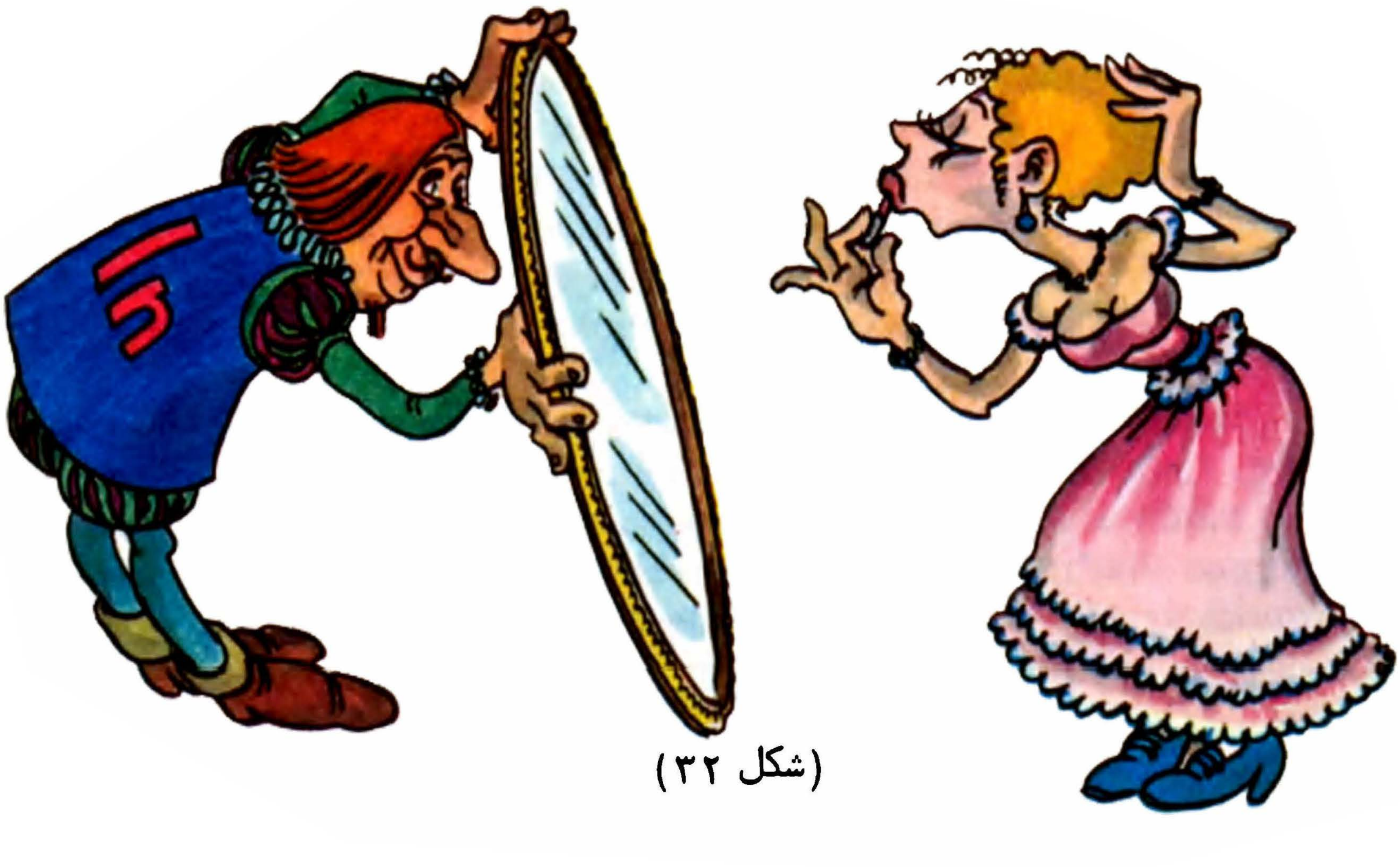
همچنین کشف شد که ایندیم نیز مانند بعضی از فلزات دیگر ، کاربرد عملی برای زمانی طولانی ندارد . دلایل خوبی برای توضیح این امر وجود دارد : این عنصر نه‌تنها کمیاب ، بلکه همچنین بسیار پراکنده است ، چون عملا" هیچ ماده معدنی که به‌طور طبیعی موجود باشد و ایندیم جزء اصلی یا یکی از اجزاء اصلی تشکیل دهنده آن باشد وجود ندارد (حجم آن در پوسته زمین در ردیف هفتادمین عنصر به‌ترتیب مقدار حجم‌شان در پوسته زمین ، از میان عناصر جدول تناوبی قرار دارد) . در بهترین حالت فقط یک رد پـــا از این فلز را همراه با سنگ معدنهای فلزات دیگر ، در مقادیر بسیار بسیار کم ، کمتر از ۰/۰۵ درصد می‌توان یافت (به‌این عناصر *Traceelement* می‌گویند) .

اما خواص ایندیم نتوانست از طرف کارگران جهان تکنولوژی نادیده گرفته شود . در سال ۱۹۲۴ یک مهندس آمریکائی به‌نام *Murry* ، که در جستجوی سنگهای معدنی دارای ایندیم به‌سراسر ایالات متحده آمریکا سفر کرد ، تمرکز ردپای این فلز را در تودهٔ شن ساحلی کرانه آریزونا (*Arizona*) کشف کرد .

در حقیقت این تمرکز زیاد نبود ، اما حداقل زیادتر از جاهای

دیگر بود و بزودی کارخانه‌ای برای استخراج ایندیم در آنجا دایر شد.

یکی از اولین موارد استعمال ایندیم در ساختن آئینه‌های با کیفیت بالا برای تلکسوپها، نورافکنها، آلات انعکاس نور و یک‌چنین وسایلی بود. زیرا این حقیقت که شیشه آئینه معمولی رنگهای مختلف را به‌طور مختلف منعکس می‌کند. به‌عنوان مثال: لباسها در آئینه مانند آنچه که در واقعیت هستند به‌نظر نمی‌رسند. در حقیقت زنی که جلوی شبکه می‌نشیند به‌این اختلافات توجه نخواهد کرد، اما برای بسیاری از وسایل، تحریف رنگ همینقدر ناپسندیده است. این قصور نمونه‌ای واقعی است از بیشتر آئینه‌های محتوی نقره، قلع و جیوه ـ بیسموت. در ضمن ایندیم فقط یک منعکس‌کننده فوق‌العاده خوب نیست بلکه همچنین درخصوص رنگهای قوس و قزح (از قرمز تا ارغوانی) کاملا" "عدسی" است. آئینه‌های ایندیم بکار برده شده در تلسکوپها برای مشاهدات نجومی از هر انحراف و تغییر شکلی جلوگیری می‌کنند.



(شکل ۳۲)

ایندیم برخلاف نقره در معرض هوا از جلا نمی‌افتد و به‌صورت یک عامل بزرگ انعکاس باقی می‌ماند. در زیر یادآوری خواهیم کرد که ایندیم در محافظت لندن از بمباران هوائی سنگین آلمان در خلال جنگ جهانی دوم نقش مهمی ایفا کرد، نورافکنهای دفاع هوائی مجهز به آئینه‌های ایندیم برای بیرون ریختن دزدان هوائی، مه ضخیمی را که اغلب جزایر بریتانیا را می‌پوشاند، می‌شکستند، چون نقطهٔ ذوب این فلز نسبتاً" پائین است ($156°C$)، آئینه‌های نورافکن به‌طور دائم احتیاج به‌خنک شدن داشتند، با این همه تعداد قابل ملاحظه‌ای از هواپیماهای آلمانی سرنگون شدند و ادارهٔ جنگ بریتانیا با میل و رضایت هر چقدر پول لازم بود خرج کرد.

باید گفت که گاهی اوقات نقطه ذوب پائین یک مزیت است نه یک مانع و خصوصیت منفی، یک آلیاژ مرکب از ایندیم، بیسموت، سرب، قلع و کادمیم در $46/8°C$ ذوب می‌شود به‌همین دلیل یک قطع‌کنندهٔ اتوماتیک برای محافظت انشعابات و اتصالات مهم و قسمت‌های گرم‌کنندهٔ ماشین است. آلیاژی از ایندیم با گالیم و قلع حتی در درجه حرارت اتاق به‌صورت مایع باقی می‌ماند چون نقطه ذوب آن $10/6°C$ است. فیوزهای ساخته شده از آلیاژهای ایندیم به‌طور وسیعی در سیستمهای آژیر خطر آتش بکار می‌روند.

آزمایشات جالب توجهی که مستلزم نقطهٔ ذوب پائین ایندیم بود، در کانادا انجام شد، فیزیکدانان کانادائی ضمن مطالعهٔ ذرات این فلز با یک میکروسکوپ الکترونیک کشف کردند که وقتی که اندازه یکی از ذرات کمتر از مقدار معینی است نقطه ذوب آن به‌سرعت پائین می‌رود. ذرات نه بزرگتر از ۳۰ آنگستروم می‌باید در درجه حرارت کمی بالاتر از $40°C$ ذوب می‌شدند. یک تنزل بیش از صد درجه (از $156°C$ تا $40°C$) طبیعتاً" دانشمندان را مجذوب می‌کند. حتی فیزیک مدرن با

اطلاعات حیرت‌انگیزش نمی‌تواند طبیعت این پدیده را توضیح دهد. شاید تئوری نقطهٔ ذوب آن فقط برای اندازه‌ها و مقادیر قابل ملاحظه‌ای از آن، واقعیت داشته باشد. برای اینکار فیزیکدانان کانادائی هرچند هزار اتم آنرا جداگانه مورد آزمایش و مطالعه قرار دادند.

(شکل ۳۲)

یکی از خواص با ارزش ایندیم مقاومت و دوام آن در برابر بازهای سوزآور و آب دریاست. آلیاژهای مس با اضافه‌کردن مقدار کمی ایندیم به آن همان صفات مشخصه ایندیم را بدست می‌آورند. روکش کشتی اگر از این فلز ساخته شود برای مدت زمان طولانی در مقابل آب دریا بی‌تاثیر می‌ماند.

بلبرینگها و یاتاقانها در موتورهای هواپیماها که در شرایط سخت بکار انداخته می‌شوند و میلنگ که‌دریک‌دقیقه‌چندین هزار حرکت انتقالی انجام‌می‌دهد، فلزرا گرم می‌کند و قدرت مقاومت آنرا در مقابل تاثیر

روغنها و نرم سازنده‌ها پائین می‌آورد. دانشمندان برای محافظت یاتاقانها از فرسودگی یک پوشش ضخیم از ایندیم برای آنها در نظر گرفته‌اند. چون اتمهای این عنصر علاوه بر اینکه در سطح کار یاتاقانها ورقه‌ای (لایه‌ای) تشکیل می‌دهند، به‌عمق فلز نیز نفوذ کرده ویک آلیاژ قوی تشکیل می‌دهند. این‌فلز نمی‌تواند تحت تاثیر روغنها قرار گیرد و در نتیجه عمر یاتاقانها پنج برابر افزایش می‌یابد.

ایندیم در دندانپزشکی نقش بس‌مهمی دارد، آلیاژهای ایندیم با نقره، قلع، مس و روی، ضد زنگ و دارای استحکام زیاد می‌باشند که در پر کردن دندان مواد بسیار عالی به‌حساب می‌آیند. نقش ایندیم در این آلیاژها پائین نگه‌داشتن و کاهش درجه انقباض به‌حداقل آن، می‌باشد.

طراحان هواپیما موارد استعمال زیادی برای آلیاژ روی ـ ایندیم دارند. از این‌آلیاژ به‌عنوان یک پوشش و روکش ضد زنگ برای فولاد ملخ هواپیما استفاده می‌کنند. یک پوشش خیلی نازک از آلیاژ قلع با اکسید ایندیم به‌طور قابل اعتمادی شیشه‌های اتومبیل را از یخ‌زدگی محافظت می‌کند. آلیاژهای ایندیم همچنین در شیشه‌سازی و بستن شیشه به فلز و مهر و موم کردن بکار می‌روند (به‌عنوان مثال: در مهندسی خلاء).

بعضی دیگر از آلیاژهای ایندیم به‌علت زیبائی فوق‌العاده‌شان در جواهرسازی بکار برده می‌شوند، آلیاژی مرکب از ۷۵ درصد طلا، ۲۰ درصد نقره و ۵ درصد ایندیم به‌نام طلای سبز نامیده می‌شود. شرکت آمریکائی (Studebaker) برای روکشکاری قسمتهای روباز اتومبیل، ایندیم را جانشین کروم کرده است که بدین‌وسیله عمر مفید آنها افزایش می‌یابد.

در راکتورهای اتمی برای اندازه‌گیری شدت جریان نوترونهای حرارتی و انرژی آنها از ورقهای ایندیم استفاده می‌شود. بدین ترتیب

که نوترونها در برخورد با هسته‌های ایزوتوپهای ثابت ایندیم ، آنها را به‌انواع ایزوتوپهای رادیواکتیو ایندیم تغییر شکل می‌دهند که باعث تشعشع الکترون و تولید انرژی و شدت متقابل جریان نوترونها می‌شوند .

مهمترین عرصهٔ کاردهی ایندیم در تولید اجسام و وسایل نیمه هادی است . ایندیم خیلی خالص در "رکتی فایرها" و "آمپلی فایر ـ های" ژرمانیم ضروری است . (Rectifires , Amplifires) ایندیمی که باید در این مورد بکار برود و باید کاملا خالص باشد ، به طوری که دانشمندان درصد آنرا با شش تا نُه بیان می‌کنند (۹۹/۹۹۹۹ درصد) . بعضی از ترکیبات ایندیم (سولفید ، سلنید ، آنتیمونید و فسفید) اجسام نیمه‌هادی هستند که در ترموکوپلها (وسایل اندازه‌گیری اختلاف درجه حرارت) و بعضی وسایل دیگر بکار می‌روند . آنتیمونید ایندیم اساس کار وسایلی است که قادرند در تاریکی به‌وسیله اشعه مادون قرمز اشیاء و اماکن لازم را ردیابی و کشف و پیدا کنند (Detector= دتکتور ، ردیاب) .

ایندیم یکی از چند عنصر شیمیائی که به‌فضای بیرونی به "ماموریت فرستاده شده‌اند " می‌باشد و به‌عنوان طلیعه‌دار مرحله جدیدی از صنعت مواد غیرآلی در نظر گرفته شد . در سال ۱۹۷۵ ، اندکی قبل از پرواز سایوز ـ آپولو (Soyuz-Appolo = برنامه فضائی مشترک شوروی و آمریکا) ، سر گروههای فضانوردان الکسی لئونوف و توماس استافورد ، طی مصاحبه‌ای با خبرنگار خبرگزاری شوروی "تاس" از اهمیت آزمایشاتی که قرار بود در آزمایشگاه فضائی در مدار ، به‌خصوص در مورد ذوب فلزات و تولید بلورهای مواد مختلف ، انجام بگیرد ، صحبت کردند . الکسی لئونوف گفت : "ما امکاناتی برای بدست‌آوردن مواد جدید ،فلزات و نیمه‌هادی‌ها پیدا خواهیم کرد " فضانوردان شوروی و آمریکا معتقدند که ترکیب‌کردن اجزاء مختلفی که در شرایط زمینی نمی‌توانند ترکیب شوند

(شکل ۳۴)

در فضا امکان‌پذیر است . همچنین تولید مواد دیرگداز در فضا ممکن خواهد بود . تجربیات حاصل از کار استافورد با فضانوردان شوروی را ، فضانوردان آمریکائی در ایستگاه فضائی (Sky Lab) در مورد تولید بلورهای آنتیمونید ایندیم بکار بستند و موفق شدند یک بلور به‌مراتب بزرگتر ، خالصتر و محکمتر از تمام بلورهای بدست آمده در شرایط زمینی بدست آورند .

بعدها در سالهای ۱۹۸۰ ــ ۱۹۷۸ آزمایشات جدیدی در روی ایندیم و ترکیبات آن توسط سرنشینان مرکز فضائی سالیوت ــ ۶ انجام گردید .

آزمایشات با ترکیبات ایندیم در زمین نیز ادامه داشت . تا اینکه مدت زمان کوتاهی قبل کشف شد که آنتیمونید ایندیم تحت فشار

۳۰۰۰۰ درجه اتمسفر ساختمان مولکولی خود را تغییر می‌دهد ، و به‌این علت ضریب هدایت الکتریسیته آن به‌طور ناگهانی یک میلیون مرتبه افزایش می‌یابد .

تاکنون ایندیم تولید شده در جهان زیاد نبوده است . (فقط دهها تن در سال) . این فلز بسیار با ارزش معمولا " به‌عنوان یک محصول فرعی در اجتماع سنگهای معدنی روی ، سرب ، مس بدست می‌آید . در جمهوری دموکراتیک آلمان دانشمندان روش جالبی از تولید این فلز را پیشنهاد کرده‌اند : آن از جمع‌آوری گرد و خاک روی دستگاهها و ماشین‌آلات کارخانه پروسه تولید مس از سنگهای رستی بدست می‌آید . ابتدا اسید سولفوریک گرم در میان گردوخاکهای‌جمع آوری شده که‌دارای‌ایندیم هستندجاری‌می‌شود و سپس با یک گردش طولانی روانه یک تغییر وتبدیل پیچیده که در نتیجه این کارها ایندیم خالص بدست می‌آید ، می‌شود .

علاقه به‌ایندیم همیشه در حال گسترش است ، تا آنجا که هر روز بیشتر و بیشتر در مورد این فلز آموزش و یادگیری می‌شود . چند سال پیش فیزیکدانان جمهوری دموکراتیک آلمان کشف کردند که هسته فلزات شبیه یک توپ فوتبال است ، با یک کمربندی دورش .

با وجود اینکه ایندیم فلزیست که در طبیعت بندرت بدست می‌آید ولی با اطمینان می‌توانیم بگوئیم که نقش آن در صنعت سال به سال گسترش خواهد یافت .

فصل نهم

آنتیمـــوان

(حادثه‌ای در صومعه)

Sb

یک رویای پوچ. ــ تزویرهای یک راهب حیله‌گر. ــ روایت‌پشت‌سر روایت. ــ درخدمت‌آرایش‌زنان. ــ نمایش فریب‌آمیز. ــ در بابل قدیم. ــ "ماشین‌پیروزی آنتیموان". ــ ذخایری در اجسام سماوی. ــ گرگ با دهان باز. ــ آنتیموان‌سهمی‌در خورشید ندارد. ــ کشفی در قرقیزستان. ــ مسافرت ناخالصی‌ها. ــ نمونه استاندارد. ــ استعداد در افزایش حجم. ــ گلوله‌های انفجاری در تجارت. ــ بابیت‌ها فراموش نشده‌اند. ــ بررسی ردپای یک گلوله. ــ یک پرده ضد آتش. ــ یک نمایش آتشبازی. ــ باکتری‌ها در معادن آنتیموان.

در قرون وسطی جستجو برای یافتن "سنگ کیمیا". مانند یک اپیدمی همه اروپا را فرا گرفت. جاذبه اندیشه بدست آوردن ماده‌ای که در افزودن به‌هر فلزی بتواند آنرا به‌طلا تبدیل کند، پایان ناپذیر بود. جستجوگران چنین می‌پنداشتند که کارهائی‌از این قبیل از جمله کارهای خداوندی است که به‌آنها اهداء شده است. هرچند که ممکن بود چنین به‌نظر برسد که آنها خودشان‌را خیلی پائین‌تر و کوچکتر از برادران روحانی خود که در آتش ثروت‌اندوزی می‌سوختند، بدانند. در آن زمان پیدا کردن صومعه و دیری که از اتاقها و زیرزمین آن به‌عنوان آزمایشگاه کیمیاگری استفاده نمی‌شد مشکل بود. روزها پشت سر هم مایعات رنگی در دستگاههای تقطیر جوشانیده می‌شدند و

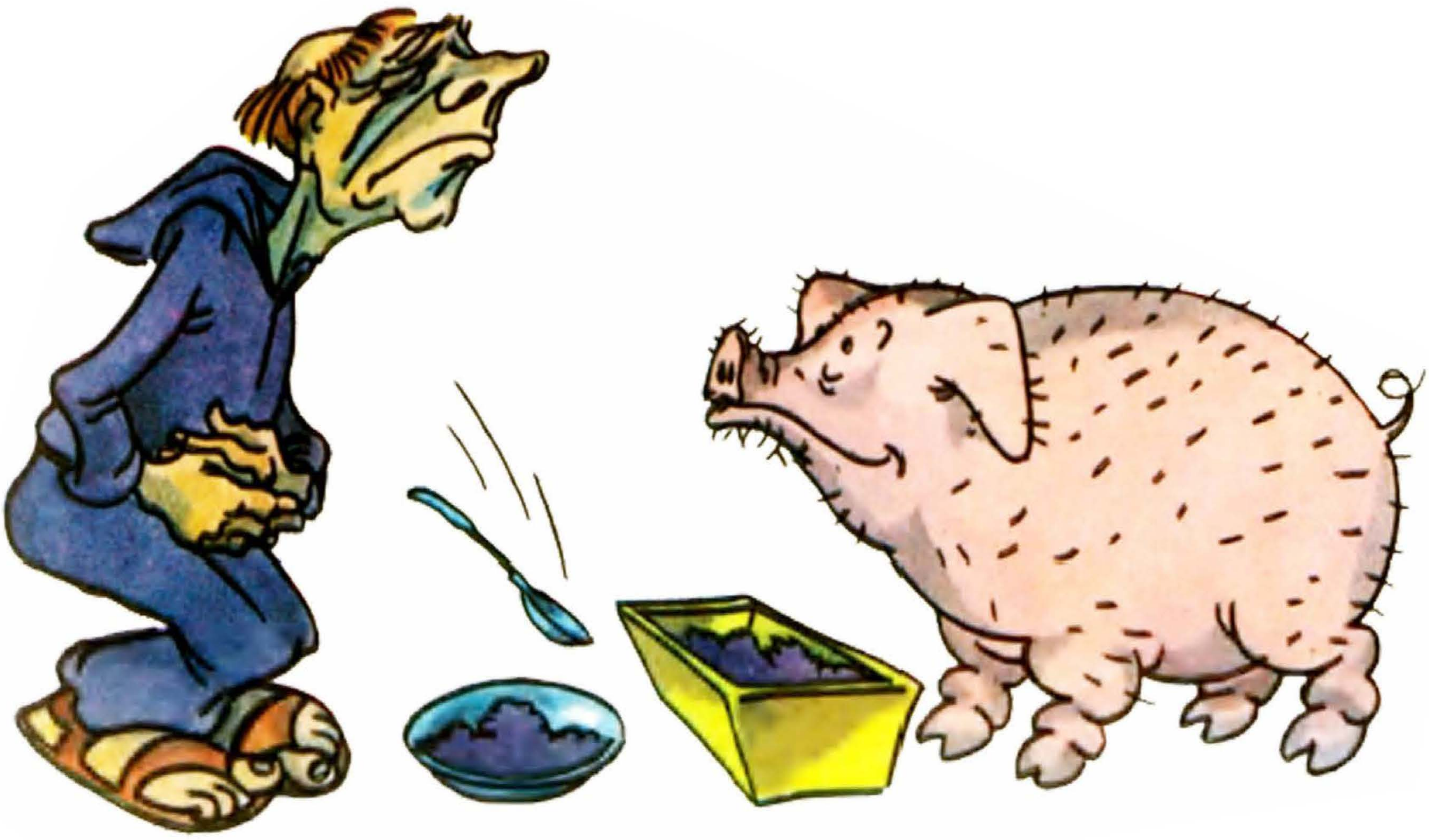
مواد مشکوکی که در هاونها خرد می‌شدند ،با آنها مخلوط می‌گردیدند ، اما با همه اینها سنگ اعجازآمیز "کیمیا" همچنان به‌صورت رویا باقی ماند .

پدر لئونارد (Leonardus) روحانی صومعهٔSchtalhausen برای مدتی از کار روحانیت دست کشید و تمام همش را صرف اجرای دستورات دقیق کیمیاگری در جستجوی "سنگ کیمیا" نمود . پدر روحانی "متواضع و فروتـن" دهها روش کیمیاگری را به‌دقت آزمـوده بود ، اما پیوسته موفقیت از او گریزان بود . یک روز او با خود فکر کرد : " اگر من خاکستر مرتدی را که دیروز با گربه‌اش بـرای عبـرت به دیگران سوزانده شدند با دو برابر مقدارش از خاک زمین زیر خاکستر مخلوط کنم . . . " او فکر کرد که این راه واقعـا "خوبی است که به‌طور قطع وی‌ازطریق‌آن‌موفق‌خواهدشدکه‌پاداشش‌را بگیرد . او به‌دقت‌خاکسترها را با خاک مخلوط کرد و مقداری از چیزهای ضروری دست‌ساز خود را به‌آن افزود و سپس این مخلوط را گرم کرده و در انتظار سرد شدن‌آن‌نشست ، او با خونسردی در انتظار سرد شدن و تغییر شکل آن به‌یک ماده شفاف یعنی "سنگ کیمیا" که طبق نظریه پیش‌کسوتان کیمیاگری بایستـی رنگ روشـن و شفافی داشته باشد ، نشست . اما بدبختانه شیطان در کمین او بود . مخلوط بعد از سرد شدن به‌یک ماده تیره‌رنگ سفت و سنگین با ظاهری فلزی تبدیل شد . روحانی با دلی آزرده و رنجیده از یک شکست دیگر با عصبانیت ثمرهٔ "آزمایش" خود را به‌حیاط پشت صومعه انداخت .

روزها گذشت ، روزی او در حال گردش و قدم زدن در حیاط صومعه متوجه شد که بعضی از خوکهای صومعه در حال لیسیدن ماده‌ای که وی‌آنرا انداخته بود ،هستند . ناگهان به‌خاطر آورد که در روزهای اخیر خوکها به‌طور کلی راضی و خشنود به‌نظر می‌رسیدند .

این روحانی زیـرک با خود اندیشید : "مطمئنا" این سنگ باید

خوردنی باشد ، اگر من بتوانم اندکی از آنرا به‌راهبان بخورانم ، بدون بدست آوردن "سنگ کیمیا" نیز معروف خواهم شد ، چرا چنین کار خوبی رابه‌تعویق‌بیاندازم . "اوبه‌اتاق‌خودرفت‌و بسرعت‌یک‌پرس‌غذا ازماده فوق تهیه نمود ، و آنرا در یک صبحانه همراه با یک غذای نرم به‌خورد ۴۰ راهب داد . صبح روز بعد ۴۰ نفر راهب به‌طور وحشتناکی مرده بودند ، شیطان بازهم در کمین او بود و وی نتوانست مرگ آنها را جبران کند . فقط بعد از این جریان بود که لئونارد پی‌برد که چه‌گناهی مرتکب شده است . و پیمان بست که دیگر هرگز به‌هیچ "آزمایش" کیمیاگری دست نزند و بدین ترتیب وی سنگی را که موجب بدبختی‌اش شده بود *antimonium* یعنی قاتل راهبان نامید .



(شکل ۳۵)

این روایتی است که اصل و مبداء نام آنتیموان[1] را بیان می‌کند اما ما موثق بودن آنرا تضمین نمی‌کنیم، مسئولیت آن به‌عهدهٔ نویسندهٔ معروف چک به‌نام *Jaroslaw Hašek* می‌باشد که این موضوع را در داستانش به‌نام "سنگ زندگی" نوشته است.

بر طبق یک روایت دیگر این نام از کلمه یونانی *Antosammonos* یعنی گل *Ammon* ریشه گرفته و این بیشتر به حقیقت نزدیک‌است. بلورهای سوزنی‌شکل تیره‌رنگ براق ماده معدنی آنتیمونیت حقیقتاً" شبیه گل هستند و آنها را گل *Ammon* می‌نامند. بعضی‌ازمورخین‌شیمی‌معتقدندکه‌آنتیموان‌از کلمهٔ‌یونانی *Antimonos* به‌معنی ضد انزوا و عزلت ریشه گرفته است، که این روشنگر طبیعت "اجتماع‌دوست" آنتیموان است که تنهائی را نمی‌پذیرد و پیوسته همراه باعناصر دیگر یافت می‌شود. علاوه بر اینها ریشه‌های دیگری برای نام آنتیموان روایت می‌شود. به‌هرحال نام آنتیموان در لیستی که آنتونی لاووازیه از عناصر شیمیائی شناخته شده زمان خود تهیه کرده بود آورده شده است.

اسم روسی آنتیموان، سورما *Surma* است که از کلمه ترکی سورمه *Surme* یعنی ماده‌ای سیاه که زنان برای آرایش به‌ابروان خود می‌مالند می‌باشد. در روسیه قدیم کلمه *Surmit* حتی در مورد دیگر ماده‌های رنگی نیز بکار می‌رفت. در ابتدا *Surma* اشاره به‌رنگ ارغوانی مایل به‌سیاه تری سولفید آنتیموان بود و سپس اشاره به‌خود عنصر

---

۱) آنتیموان ـ عنصریست با وزن اتمی ۱۲۱/۷۶ و عدد اتمی ۵۱، فلز متبلور شکننده نقره‌ای رنگی است. وزن مخصوص آن ۶/۶۸ و نقطه ذوبش $630^{\circ} C$ می‌باشد و در طبیعت به‌صورت عنصری آزاد یافت می‌شود. م

آنتیموان با شماره ۵۱ شد. در لاتین آنتیموان یعنی *Stibium* ، و آن مشتق از *Stibi* یونانی به‌معنی یک ماده معدنی بلوری شکل و طبیعی و یا مشتق از *Stimmi* یعنی رنگی که زنان یونانی درآرایش بکار می‌بردند بود.

تاریخ آنتیموان به‌روزگاران خیلی قدیم ، به پادشاهی‌های قدیم مشرق زمین مثلا" بابل قدیم بر میگردد ، و آن ماده‌ای بوده که در ساختن گلدان ، گیلاس پایه‌دار و کالاهای دیگر استفاده می‌شده است.

اولین کتابی که شرح مفصل و جامعی از آنتیموان و خواص آن بدست می‌دهد کتابی به‌نام "ماشین پیروزی آنتیموان" که در سال ۱۶۰۴ به‌چاپ رسیده و از نویسنده آن به‌نام *Basil Valentine* نام برده شده ، می‌باشد. تاریخ شیمی این راهب بندیکتین (بندیکتین : راهبی که پیرو سنت بندیکت است) آلمانی به خاطر می‌آورد ولی لیست نام راهبان بندیکت هرگز دارای این نام نبوده است. ولی مطابق یک منبع دیگر یک راهب به‌نام *Basil* در قرن پانزدهم در صومعه *Erfurt* زندگی می - کرده که در کیمیاگری خیلی تبحر داشته است. بعضی از کتابهای خطی وی بعد ازمرگش در داخل یک جعبه همراه با پودر طلا پیدا شده‌اند. اما مشکل می‌توان آنها را به‌نویسنده "ماشین پیروزی آنتیموان" نسبت داد ، زیرا یک مطالعه عمیق و انتقادی از این کتابها ، اولا" نشان می‌دهد که آنها متعلق به‌افراد مختلفی هستند و ثانیا" زمان نوشتن آنها قبل از نیمهٔ دوم قرن شانزدهم نبوده است در صورتی که طبق منبع فوق *Basil* در قرن پانزدهم می‌زیسته است.

حتی در سده‌های میانه نیز دانشمندان متوجه شده بودند که در ساختن اشیاء و وسایل مختلف آنتیموان نمی‌تواند با فلزات "کلاسیک" برابری کند از اینرو این عنصر به‌همراه روی ، بیسموت و آرسنیک به‌گروه جداگانه‌ای به‌نام گروه "شبه فلزات" تقسیم شدند. دلایل دیگری نیز برای این تقسیم‌بندی وجود دارد ، طبق قانون‌های

کیمیاگری "هر فلزی در ارتباط با یکی از اجرام آسمانی است" . یکی از قوانین اصلی کیمیاگری می‌گوید : "هفت فلز به‌خاطر هفت سیاره آسمان آفریده شد" (خورشید، ماه و پنج سیاره دیگر به‌غیر از زمین) . ولی در مراحلی کیمیاگران خود بیشتر از هفت سیاره و بیش از هفت فلز می‌شناختند . آنها عقیده داشتند که فقط آدمهای نادان نمی‌توانند به‌عمق فلسفی تئوریهای آنها پی ببرند . فرضیات کیمیاگری معتقد بودند که در بهشت طلا نماینده و نشانگر خورشید است و نقره بدون‌شک نشانگر ماه، مس مربوط به ونوس، آهن وابستگی و شباهت به مریخ، جیوه مشابه سیاره جیوه و قلع ژوپیتر را مجسم می‌کند، و سرب نماینده کیوان است . و جائی برای دیگر فلزات باقی نمی‌ماند .

در چنین حالتی تبعیض آشکاری در حق بقیه فلزات به‌طور ناعادلانه روا می‌شد و در میان آنها آنتیموان با خواص ویژه فیزیکی و شیمیائی به‌راستی که نمی‌توانست حق شکایت داشته باشد . چون در گروه "شبه‌فلزات" جا می‌گرفت .

حال خودتان قضاوت کنید . با همه‌اینها نوع اصلی آنتیموان، (نوع‌بلوری و یا خاکستری آن)، که فلز خاکستری روشن با رنگ جزئی مایل به‌آبی و همراه با سه‌نوع بی‌شکل و غیر متبلور آن، نوع زرد، سیاه و محترقه می‌باشد، اولا": بی‌نهایت شکننده است و به‌سادگی پودر می ـ شود، دوما" : از نظر هدایت گرما و الکتریسیته خیلی ضعیف است . آیا آن یک فلز است؟ رفتار آنتیموان در واکنشهای شیمیائی به‌گونه‌ای است که جواب معین و قطعی دادن به‌این سئوال را غیرممکن می‌سازد .

چنین به‌نظر می‌آید که آنتیموان مذاب برای تلافی نارضایتی خود از عدم پذیرشش به‌خویشاوندی از طرف سایر فلزات، تقریبا" همه فلزات را حل می‌کند . این خاصیت آنتیموان از زمانهای قدیم شناخته شده بود و در بسیاری از کتابهای موجود کیمیاگری، آنتیموان و

ترکیبات آن به‌عنوان یک گرگ درنده با دهنی باز تصویر گردیده است.
در مقالهٔ *Running Atlana* که به‌وسیله یک کیمیاگر به‌نام *Mayer* درسال ۱۶۱۸ به‌چاپ رسید عکسی وجود دارد که یک گرگ را در حال بلعیدن یک پادشاه نشان می‌دهد. در فاصله‌ای دورتراز آن، همان پادشاه‌زنده‌وسالم درحال‌نزدیک‌شدن به‌یک‌دریاچه، می‌باشدوقایقی آماده بردن وی به‌کاخی در ساحل دیگر دریاچه تصویر شده است. این شرح سنبلیکی از جریان تصفیه طلا (پادشاه) از خالصی‌های مس و نقره به وسیله آنتیمونیت (گرگ) که سولفید طبیعی آنتیموان است، می‌باشد. وقتی که طـــلا با آنتیموان ذوب‌می‌شود، مس و نقره جای خود را به آنتیموان داده و به شکل سولفید درمی‌آیند و آنتیموان با طلا ترکیب شده و سپس این ترکیب در جریان هوا قرار گرفته و باعث تبخیرآنتیموان و تبدیل آن به‌تری اکسید می‌شود و طلای خالص را به‌جا می‌گذارد. از این شیوه برای استخراج طلا در قرن هیجدهم استفاده می‌شده است.

حجم آنتیموان موجود در پوسته زمین 5×10^{5} درصد است. آنتیموان در بیش از صد ماده معدنی وجود دارد. یکی از فراوانترین آنها ماده معدنی آنتیمونیت یا استیبنیت *Stibnite* است که بیش از ۷۰ درصد آنتیموان دارد و ماده خام تجارتی آنتیموان است. از دیگر موادمعدنی‌مهم‌آن کرمسیت *Kermesite*، سروانتیت *Serventite* ووالنتینیت *Valentinite* (آنتیموان سفید) را می‌توان نام برد.

در چندین مورد در اجسام شهابی آنتیموان پیدا شده است. اما نه در خورشید که به‌وسیلهٔ مطالعات و مشاهدات اسپکتروسکوپی وجود بسیاری از این عناصر ثابت شده است.

مواد معدنی آنتیموان در کشورهای چین، چکسلواکی، بولیوی، مکزیک، ژاپن، ایالات متحده آمریکا و همچنین بعضی از کشورهای آفریقائی بدست می‌آیند. در روسیه قبل از انقلاب هیچ سنگ معدن

(شکل ۳۶)

آنتیموان کشف و هیچ آنتیموانی تولید ، نشده بود . در اوایل قرن بیستم این کشور سالیانه در حدود یک هزار تن آنتیموان وارد می‌کرد . زمین‌شناس برجسته شوروی آکادمیسین شچرباکف D.Shcherbakor از آثار و علائم سنگهای معدنی آنتیموان در کوههای Kadamgay قرقیزستان در سال ۱۹۱۴ نام می‌برد . بعدها در اثر تحولات اجتماعی و سیاسی مسئولین تولید فلزات توانستند با پیشقدمان تولید آنتیموان از نظر تولید برابری کنند . یک بررسی و نقشه‌برداری زمین‌شناسی امکان استخراج تری سولفید آنتیموان را از سنگهای معدنی Kadamgay در سال ۱۹۳۴ بوجود آورد و یکسال بعد اولین محصول آنتیموان فلزی ملی تولید شد . بطوریکه از سال ۱۹۳۶ دیگر هیچگونه آنتیموان

وارداتی لازم نبود .

پروسه استخراجِ آنتیموان از سنگهای معدنی و یا از مواد تغلیظ شده زیاد پیچیده نیست : ابتداء آنها را با آهن سرخ می‌کنند که در این جریان آنتیموان از سولفیدهایش جدا می‌شود و سپس به‌وسیله کربن احیاء شده و بعداً" وارد مرحلهٔ هیدرومتالوژی می‌شود (هیدرومتالوژی = استخراج فلزات به‌وسیله آب) که اول آنتیموان به‌صورت محلول در آب در می‌آید و سپس به‌شیوهٔ الکترولیتی استخراج می‌گردد. البته این مراحل یک اشکال مهم دارد و آن اینکه فلـــز بدست آمده خیلی ناخالص است ، و بعضی اوقات حجم آهن ، مس ، آرسنیک و گوگرد همراه با آن به ۱۰ الی ۱۵ درصد می‌رسد .

تعدادی از خریداران چنین محصولی ممکن است با استدلال اینکه آنتیموان خام احتیاج به‌پالایش و تصفیه دارد از چنین محلول ناخالص راضی باشند . از اینرو آنان آنتیموان را به‌دفعات با مواد فعالی که می‌توانند ناخالصی‌های موجود در آنتیموان را جذب کنند می‌گدازند . در این عملیات گوگرد با آهن ترکیب می‌شود ، آرسنیک توسط سدیم جذب شده و آهن و مس به‌وسیله سولفید آنتیموان بیرون رانده می‌شوند این جریان را تصفیه با آتش می‌نامند .

درمرحلهٔ استخراج الکترولیتی که در داخل یک وان بزرگ انجام می‌گیرد جریانی که از میان محلول الکترولیت می‌گذرد باعث ته‌نشینی و جمع شدن اتمهای آنتیموان در قطب مثبت می‌گردد در صورتی که جریان مزبور نسبت به‌ناخالصی‌های‌موجود در آن بی‌تفاوت می‌باشد و بنابراین ناخالصی‌ها در داخل وان باقی می‌مانند .

آنتیموان تصفیه شده بیش از ۰/۸ ــ ۰/۵ درصد ناخالصی ندارد ، با این همه چنیــن خالص بودنی همهٔ مصرف‌کننده‌ها را راضی نمی‌نماید . برای مثال : در صنعت تولید وسایل نیمه هادی،آنتیموان

۹۹/۹۹۹ درصد خالص مورد نیاز است . چنین آنتیموان خالصی به‌وسیله "ذوب منطقه‌ای" بدست می‌آید (متبلور کردن فیزیکی) . برای اینکار یک میله آنتیموان در یک ظرف گرافیت به‌شکل قایق در داخل یک کوارتز لوله‌ای که دارای هیتر برقی (اجاق برقی) متحرک است گذاشته می‌شود . نخست یک منطقه (یک قسمت) از میله در اثر حرارت هیتر گداخته شده و ذوب می‌شود و پس از آن هیتر به‌طرف قسمت بعدی به‌حرکت درمی‌آید در مدت گداختن قسمت دوم قطرات آنتیموان قسمت اول سرد شده و متبلور می‌شود . برطبق یک قانون فیزیکی مواد ناخالص نمی‌توانند با ماده اصلی متبلور شوند . بنابراین‌قانون ،ناخالصی مذاب همراه آنتیموان نیز با آن متبلور نشده و مذاب باقی می‌مانـــد و به‌طرف منطقه دوم که ذوب شده حرکت می‌کنـــد. و اینکار تا آخر میله ادامه پیدا می‌کند.تمام ناخالصی‌ها دریک سر میله جمع شده و در پایان بریده می‌شوند . بقیه میله ،آنتیموان فوق‌العاده خالص است و بدین ترتیب روانه انبار تولیدات می‌گردد . (برطبق قانون فوق‌الذکر، قطعات یخ در روی دریاهای شمالی در زمستان عاری از هرگونه نمکی‌هستند اگرچه آب دریا پر از نمکهای مختلف می‌باشد) . در بعضی موارد ویژه حالت گداختن و ذوب‌کردن آنتیموان ناخالص تحت فشار گاز بی‌اثر ارگون که واکنش پیچیده‌ای ندارد انجام می‌گیرد .

آنتیموانی که بعد از چند مرحله تخلیص بدست می‌آید می‌تواند تمام مطالبات متقاضیان را برآورده کند ، آنتیموان فوق‌العاده خالص تولید شده از معادن Kadamgay در نمایشگاه بین‌المللی ۱۹۵۸ بروکسل به‌عنوان بهترین نوع آن در جهان شناخته شد و به‌عنوان یک نمونهٔ استاندارد رسما" پذیرفته شد .

این دقیقا" همان آنتیموانی است که اگر فقط یک میلیونیم درصد (۰/۰۰۰۰۰۱ درصد) از آن به‌آلیاژ ژرمانیم افزوده شود ، یکی از

بهترین مواد سازندهٔ وسایل نیمه‌هادی را بوجود خواهد آورد و خواص آنرا به‌مراتب بالا خواهد برد. اما اگراین آنتیموان درمقابل هر هزار اتم دارای یک اتم مس باشد (ناخالصی)، دراین صورت به‌آلیاژ فوق آسیب خواهد رساند. و این روشن می‌سازد که چرا قبل از اینکه آنتیموان به تولید نیمه هادی‌ها فرستاده شود باید در چند مرحله به‌چنان درجه‌ای از خالصیت برسد. بعضی از ترکیبات آنتیموان خودشان نیمه هادی‌های خوبی هستند (برای مثال: ترکیب آن با گالیم و ایندیم). اغلب مواد نیمه هادی که دارای آنتیموان هستند در شرایط بی‌وزنی در آزمایشگاه فضائی شوروی سالیوت ـ ۶ و اسکای لاب آمریکائی ساخته می‌شوند.

اما با این وجود مقدار آنتیموانی که در تهیه مواد نیمه‌هادی بکار می‌رود زیاد نیست، این فلز اکثرا" در تهیه وساخت آلیاژها بکار می‌رود و تقریبا" در حدود دویست نوع آلیاژ با آن ساخته می‌شود. جرج اگری‌کولا *Geory Agricola* متالوژیست معروف قرن شانزدهم چنین نوشت: "اگر مقدار معینی از آنتیموان با قلع ترکیب شود آلیاژی بدست‌می‌آید که در ساختن حروف چاپ بکار می‌رود." و این همان آلیاژی است که امروزه‌حتی یک چاپخانه بدون آن نمی‌تواند به‌کارش ادامه دهد و آن ترکیبی از سرب، آنتیموان و قلع می‌باشد. برخلاف سایر فلزات، آنتیموان مذاب (همچنین گالیم و بیسموت) در موقع انجماد، ازدیاد حجم پیدا می‌کنند. و بدین دلیل است که حروف چاپ را از آلیاژ آن می‌سازند. وقتی آلیاژ مذاب که دارای آنتیموان می‌باشد در قالب‌ها ریخته می‌شود، موقع سرد شدن و انجماد، ازدیاد حجم باعث می‌شود که آن ماده به‌درون خود و به‌اطراف فشار آورده و سفت و محکم گردد و مانع راندن هوا و منافذ در داخل آن و نیز مانع نفوذ از بیرون می‌شود وبدین‌ترتیب‌حروفاتی محکم به‌عمل می‌آید. بر پایه همین خاصیت مجسمه‌های اشکال و حروف در آئینه چاپ و جا داده

می‌شوند. علاوه‌بر مطالب بالا آنتیموان فلز حروف‌چاپ را درمقابل پوسیدگی و خورندگی مقاوم و محکم می‌سازد. همچنین ازدیاد حجم آن باعث بکار بردنش در مجسمه‌سازی و ساختن وسایل تزئینی می‌گردد و اینکار امکان می‌دهد جزئیات بسیار ظریف آنها به‌دقت حفظ گردند.

آلیاژهای آنتیموان با سرب موادی محکم و مقاوم و ضد پوسیدگی و خورندگی هستند که در مهندسی شیمی در ساختن حمامهای ضد اسید برای شستشوی لوازم و وسایل آزمایشگاهی، در ساختن لوله‌های حمل و نقل اسیدها و بازها و دیگر مایعات مهاجم و نیز در ساختن روکش برای سیمهای برق، تلگراف، تلفن و صفحات مشبک سربی ـ اسیدی و هسته گلوله‌های تفنگ، ساچمه‌ها و گلوله‌های انفجاری و افشان بکار برده می‌شوند.

آلیاژ آنتیموان با قلع و مس به‌نام فلز بابیت (Babbitt) به عنوان آلیاژ بلبرینگها بکار می‌رود. در سال ۱۸۳۹ این آلیاژ توسط مهندس آمریکائی به‌نام (Babbitt) ساخته شد. علیرغم تاریخ طولانی، این آلیاژ هنوز هم در مرکز توجه و نظر طراحان قرار دارد. ساختمان ویژه این آلیاژ در عین حال که محکم و قوی است ولی نرم است و بدین خاطر نیروی ضد اصطکاکی بالائی دارد. ضریب اصطکاک پائین و حالت نرم آن باعث می‌گردد که به‌طور روان حرکت کرده و در عین حال در مقابل سائیدگی مقاومت خوبی داشته باشد. افزایش ۰/۵ درصد آنتیموان به‌آهن خام آلیاژی به‌وجود می‌آورد که از جمله ضدـ اصطکاکهای خوب به‌شمار می‌آید.

در سالهای اخیر آنتیموان در کشف جنایات بکار برده شده است. وقتی گلوله‌ای شلیک می‌شود خط سیری از ذرات بسیار ریز و میکروسکوپی سرب، آنتیموان، باریم و مس بوجود می‌آورد که این ذرات ریز در سطح زمین، کف اتاق، و روی دیگر اشیاء واقع در مسیر

گلوله می‌نشینند و یک ردپای نامرئی از خود باقی می‌گذارند، این ذرات با چشم غیر مسلح قابل مشاهده و رویت نیستند. علم امروزی امکان دیدن این ذرات را بوجود می‌آورد. بدین وسیله ما می‌توانیم مسیر گلوله را پیدا کنیم. برای اینکار نوارهای باریکی از کاغذ مرطوب صافی در سطوح مورد آزمایش بکار می‌رود و سپس این نوارها در داخل راکتور هسته‌ای تحت بمباران نوترونی قرار می‌گیرند در نتیجه اتمهای آنتیموان موجود در نوارهای باریک تبدیل به‌ایزوتوپ‌رادیو اکتیو آنتیموان شده و از روی میزان فعالیت رادیو اکتیو آنها و نمونه‌های موجود، مسیر گلوله، فاصله شلیک، صفات مشخصه گلوله و نوع اسلحه معلوم می‌شود.

بعلاوه ترکیبات آنتیموان موارد استعمال گسترده‌ای پیدا می‌کنند: تری اکسید آنتیموان در جوش دادن لاستیکها، در تلقیح و اشباع پارچه پرده‌های تئاتر و غیره بکار می‌رود که با پارچه‌های برزنتی تلقیح شده و نسوز می‌گردند. همچنین قسمتهای پائینی کشتی که زیر آب می‌روند توسط روکشهائی از ترکیبات آنتیموان پوشیده شده و به‌وسیله آنها رنگ‌آمیزی می‌شوند. بعضی دیگر از ترکیبات آنتیموان به‌اکثر مواد رنگی مورد استفاده در هنر سرامیک‌سازی (زرد ناپلی) و چینی‌سازی و شیشه‌های مات افزوده می‌شوند.

یکی دیگر از ترکیبات آنتیموان اغلب در دست‌ماست‌و آن مخلوطی از فسفر قرمز و آنتیموان که قهوه‌ای رنگ است و طرفین جعبه کبریت‌را می‌پوشاند، می‌باشد. رنگ قهوه‌ای آن نیز به‌همین دلیل است. بعضی دیگر از نمکهای آنتیموان صفات مشخصه خوبی برای فن آتشبازی دارند، اگر پودر آنتیموان خالص به‌آهستگی در ظرفی که محتوی کلراست‌ریخته‌شود ذرات‌آن‌درست‌مانند شهاب درخشان ازجای خود در می‌روند و بزودی ظرف پر از دود سفید پنتا کلرین آنتیموان می‌شود. آنتیموان قابل احتراق بسیار ناپایدار است و بزودی آتش می‌گیرد و اگر

بـه آن دست بـزنید. و یا در مجاورت حرارت خیلی جزئی و ضعیف قرار بدهید به آنتیموان خاکستری رنگ معمولی تغییر شکل خواهد داد.

(شکل ۳۷)

در سال ۱۹۷۴ در شوروی پدیده‌ای در ارتباط با مطالعه بیوشیمی باکتریها کشف و ثبت گردید. سالها مطالعه در روی رسوبات آنتیموان نشان داد که آن به‌تدریج با اکسیژن ترکیب می‌شود، در حالیکه اینکار در شرایط معمولی اتفاق نمی‌افتد (این پروسه تحت شرایط بالای $300°C$ عملی و ممکن است). چه چیزی باعث تغییر رفتار شیمیائی آنتیموان در ذخایرش می‌شود که باعث ترکیب آن با اکسیژن میگردد؟ آزمایشات میکروسکوپی از اکسیده شدن آنتیموان در ذخایر نشان داد که ذخایر آنتیموان با "اجتماع عظیمی" از باکتریهای تاکنون‌ناشناخته‌ای همراه هستند که آن باکتریها عامل اکسیداسیون میباشندو عمل اکسیده شدن‌راممکن‌می‌سازند. ولی این‌تمام قضیه‌نبود. معلوم شد که باکتریها در

جریان تکامل پروسه اکسیداسیون، فورا" انرژی حاصله را برای عمل Chemosynthesis یعنی عمل تبدیل اکسید کربنیک به مواد آلی بکار می‌برند.

چنین پدیده‌ای در سال ۱۸۸۶ به‌وسیله دانشمند روسی وینوگرادسکی S.Vinogradsky برای نخستین‌بار کشف و تشریح شد. اما تاکنون علم فقط چهار عنصر را با این خصوصیت شناخته است: نیتروژن، گوگرد، آهن و هیدروژن. و حالا آنتیموان نیز به‌این لیست اضافه می‌گردد.

فصل دهم

ســــــزیم
(دو آبی بیگانه)

Cs

تاریخ مشکل پسند است. ـ
به‌خاطر حقیقت. ـ شعله رنگش را تغییر می‌دهد. ـ سمفونی رنگها. ـ
یک شاهزاده خوب. ـ کارت ملاقات. ـ یک بسته آب معدنی. ـ
دو خط آبی ناشناخته. ـ هولمز دیگر علاقه‌مند نخواهد شد. ـ شما در
سیگار، سزیم می‌کشید. ـ هیئت منصفه جایزه می‌دهد. ـ
چگونه‌می‌شود سزیم را نگهداری کرد. ـ عنصری دست‌نزدنی. ـ
نه کاملا" مانند نور. ـ یک الکترون تنها. ـ یک رشوه برای
دستگاه ماشینی. ـ صدها میل به‌پیش. ـ قوهٔ دید در شب. ـ
در راه ستارگان دوردست. ـ اتمهای متورم. ـ
امروز و فردا.

تاریخ مشکل‌پسند است. به‌ندرت کسی می‌تواند در بهترین صفحاتش نامی از خود پیدا کند. در شیمی فقط آن "افراد خاصی" که به‌طریقی توانسته‌اند کاری بهتر از رقبای خود انجام دهند به‌این افتخار نایل می‌شوند. بهرحال تا اندازه‌ای این یک امر منطقی است: آیا تکنسیم حق یک مکان به‌خصوصی در تاریخ به‌عنوان اولین عنصری که به طور مصنوعی ساخته شده نداشت و یا هلیوم تنها "ساکن" جدول دوره‌ای که اولین عنصر کشف شده در خورشید و سپس در سیارهٔ ما بود نباید از این حق برخوردار می‌شد؟

در بین خوشبختها، سزیم [1] را پیدا می‌کنیم، عنصری که اسمش را با حروف آبی در تاریخ تجزیه طیفی نوشت. اما برای بیان حقیقت باید

←

گفت که نه‌تنها سزیم، بلکه دانشمندان شیمی بونزن Bunsen و کریشهف Kirchhoff این اسم را در تاریخ نوشتند.(به‌علت حروفی که این عنصر با آنها نوشته‌شد). شما بزودی خواهید دید که یک دلیل موجه و معتبر برای آبی بودن آن وجود داشت.

در سال ۱۸۵۰ پروفسوربونزن‌ازدانشگاه هایدلبرگ Heidel Berg مجذوب پدیده‌ای که از نقطهٔ نظر علم بی‌اهمیت و جزئی به‌نظر می‌رسید شد: نمکهای فلزات قرار داده شده در شعله، رنگ شعله را تغییر دادند. احتمال می‌رود که این حقیقت حتی قبل از بونزن نیز مورد توجه قرار گرفته باشد، اما این دانشمند بود که به‌طور جدی به‌این پدیده علاقمند شد و تصمیم گرفت که آنرا مطالعه کند. وی ذرات مواد مختلف را یکی پس از دیگری روی چراغ نگاه داشت و هر دفعه شعله مانند بوقلمون رنگ خود را به بنفش، زرد و سپس صورتی تغییر می‌داد. آزمایشات بونزن دو حقیقت را آشکار کردند. اولا" هریک از "فلزات مورد آزمایش" رنگ معینی به‌شعله می‌داد و ثانیا" این رنگها مربوط به حالت فلز نبودند. تمام ترکیبات باریم همگی به‌شعله رنگ مایل به‌سبز می‌دادند، در حالیکه کلسیم شعله را قرمز می‌ساخت.

آیا ممکن بود به‌وسیله این پدیده به‌سرعت و به‌سادگی عناصر موجود در ماده مورد مطالعه را تعیین کرد؟ این پدیده به‌عنوان تحولی در تجزیه شیمیائی عناصر تلقی گردید. بدون شک این پدیده بی‌نهایت جالب توجه امابه‌سختی قابل اجراء بود. یک ماده معمولا" از چند جزء

زیرنویس صفحهٔ قبل:

۱) سزیم ــ عنصریست با وزن اتمی ۱۳۲/۹۰ و عدد اتمی ۵۵، فلزی کمیاب است از گروه فلزات قلیائی. وزن مخصوص آن ۱/۹۰ و نقطهٔ ذوبش $۲۸^{\circ}C$ ۰م

تشکیل شده است که از نظر شکل می‌توانند با هم اشتباه شوند. وقتی که یک چنین "شرکتی" خودش را در آتش می‌بیند مجموعهٔ کاملی از رنگها را به‌نمایش می‌گذارد. گذشته از این،بعضی از رنگها خیلی شدیدتر و متمرکزتر از سایر رنگها هستند و وقتی با هم مخلوط می‌شوند، رنگ روشن و شدید باعث گم شدن رنگهای جزئی و ضعیف می‌شود (مثلا" رنگ روشن و شدید شعله سدیم در مقابل رنگ مایل به‌ارغوانی شعله پتاسیم) در چنین وضعیتی هیچ تجزیه‌ای به‌قدر کافی نمی‌تواند دقیق باشد.

آیا این بدان معنی نبود که هرچه زودتر می‌بایست از این شیوه دست کشیده می‌شد؟ در داستانهای افسانه‌ای، در موقعیتهای ناامیدی همیشه یک شاهزاده یا پری مهربان از راه می‌رسد، و در اثر آمدن وی هر چیزی به‌شکل مطلوبش تغ ر می‌یابد و در نتیجه پایان خوشی رخ می ـ دهد، یک چنین چیزی نیز در دانشگاه هایدلبرگ اتفاق افتاد. نقش شاهزادهٔ خوب و مهربان را دوست و همکار بونزن به‌نام پروفسور کریشهف بازی کرد. او فیزیکدانی بود که بعدا" به‌خاطر کارهایش در زمینه فیزیک نور معروف و سرشناس شد. در آن زمان وی مشغول مطالعهٔ طیف‌های جامدات و مایعات گرم بود، وی به‌همکارش بونزن پیشنهاد کرد که نه شعله‌های مشعل بلکه طیف آنها، باید مورد مطالعه جزء به‌جزء قرار بگیرد. او با برداشتن دو عدسی و منشورهای شیشه‌ای و یک جعبهٔ سیگار، چیزی شبیه به‌طیف‌نما را پیاده کرد که می‌توانست شعله را بشکافد و تجزیه کند. تا قبل از آن رنگهای شعله با چشم باز و بی‌سلاح مطالعه می‌گردید ولی‌حالا دانشمندان اشعه ناشی از روشنائی‌چراغ را از میان چندین عدسی و یک منشور عبور داده و آنرا به‌خطوط متعدد عمودی متشکل از رنگهای مختلف تغییر شکل می‌دادند.

وقتی که بونزن یک بلور از نمک طعام را در شعله قرار داد، کریشهف که در حال نگاه کردن به‌آن بود دو دسته نور زرد روشن با یک

(شکل ۳۸)

زمینهٔ سیاه مشاهده کرد ، شکی نبود که آن یک "کارت ملاقات با سدیم" بود ، بعد از آن ترکیبات دیگر سدیم (کربنات سدیم ، نیترات سدیم ، سولفات سدیم) در شعله قرار گرفتند و همواره دو خط زرد در یک ناحیه از طیف نمودار می‌شدند .

روزها ، هفته‌ها و ماهها گذشت ، به‌تدریج صدها ماده از میان شعله ، منشور و عدسی‌های طیف‌نما عبور داده شدند ، این دو دانشمند معتقد شدند که هر عنصر با خطوط طیفی مخصوص خود در طیف‌نما ظاهر می‌شود . درست عین اینست که یک جنایتکار را از روی اثر انگشتش بشناسیم . بدین ترتیب هیچ جزء تشکیل دهنده یک ماده ، حتی اگر در مقادیر یک میلیونیم میلی‌گرم نیز باشد ، نمی‌تواند از دید چشم شگفت ـ انگیز طیف‌نما مخفی بماند .

بونزن و کریشهف تمام عناصر شیمیائی شناخته شده را مورد مطالعه تجزیهٔ طیفی قرار داده و برای هریک از آنها یک شناسنامه طیفی صریح و دقیق تهیه کردند . بدینوسیله طریقه تجزیه طیفی عناصر در شیمی

متولد شد و به‌همه اعلام گردید. این روش کاملا" جدید نه‌تنها حضور یک عنصر را در ماده مورد مطالعه نشان می‌داد، بلکه مقدار آن عنصر را از روی زیاد بودن خطوط طیفی معین می‌کرد.

یک روز در سال ۱۸۶۰، بونزن در آزمایشگاه خود بسته‌ای همراه با آب معدنی چشمه‌های معروف *Schwarzwald* دریافت کرد. پزشکان محلی از وی خواستند که ترکیب آنرا تعیین کند تا آنها بتوانند خواص شفابخش آنرا توضیح دهند. چرا نه؟ بونزن آنرا تبخیر کرد و یک قطره از محلول تغلیظ شده را در شعله قرار داد. چشمان "جستجوگر" وی ناگهان از میان طیف‌نما خطوط طیفی سدیم، کلسیم، استرونسیم، پتاسیم و لیتیم را مشاهده کرد.

اما در آنجا دو خط آبی وجود داشت که وی نتوانست آنها را بشناسد. آیا آن می‌توانست استرونسیم باشد؟ ولی نه. استرونسیم فقط یک خط طیفی نشان می‌داد. بونزن طیف جدید را با تمام نمونه‌های طیفی عناصر شناخته شده مقایسه کرد، اما نتوانست چیزی که شبیه آن به‌نظر برسد، پیدا کند. کریشهف هم نتوانست. این بدان معنی بود که یک عنصر جدید شیمیائی کشف شده بود. آنها آنرا سزیم نامیدند وآن به‌زبان لاتین به معنی آبی آسمانی است.

بنابراین، سزیم اولین عنصری بود که از لحاظ شیمیائی برخلاف دهها "برادر" بزرگترش کشف شد، یعنی از طریق یک تجزیه طیفی کشف گردید. سالها گذشت، طیف‌نما، تولد روبیدیم، تالیم (*Thallium*)، ایندیم، گالیم و ساماریم (*Samarium*) را به‌جهان علم اعلام کرد، اما این سزیم بود که در تاریخ به‌عنوان اولین عنصر متولد شده توسط تجزیه طیفی وارد شد.

چند سال بعد کشف شد که سزیم دریچه روشنی بروی یکی از رویدادهای دشوار و لاینحل گشوده است. آن مربوط به "فقدان و گم

شدن" وزن ماده‌ای در طی آزمایشی بود، که سالها شیمیدانان همه کشورها از کشف آن عاجز و بی‌نتیجه مانده بودند، اگرچه آن توجه شرلوک هولمز *Sherlock Holmes* را به‌سختی به‌خود جلب کرده بود.

در سال ۱۸۴۶ یک دانشمند آلمانی به‌نام پلاتنر (*Plathner*) به‌مطالعه پولوسیت (*Pollucite* ، یک ماده معدنی کشف شده در جزیره *Elba*) پرداخت. انجام یک تجزیهٔ کامل شیمیائی روی این ماده معدنی مشکل نبود، اما پلاتنر از واقعهٔ ضمنی متحیر و گیج شد: قطع نظر از اینکه وی چگونه و با چه دقت اجزاء تشکیل دهندهٔ ماده معدنی را اندازه‌گیری کرده و جمع نمود، حاصل جمع اجزاء ماده فوق فقط ۹۳ درصد بدست آمد و ۷ درصد باقی "گم شد" و معلوم نشد واقعا" کجاست؟ این سئوال تقریبا" به‌مدت بیست سال بی‌جواب ماند و تنها در اواخر سال ۱۸۶۴ یک دانشمند ایتالیائی به‌نام *Pisani* دلیل انکارناپذیری ارائه داد که در آن گفته می‌شد سزیم مسئول گم شدن ۷ درصد بوده است. پلاتنر در تجزیه خود سزیم را با پتاسیم اشتباه گرفته بود زیرا این دو عنصر چند خواص شیمیائی مشترک دارند، اما سزیم تقریبا" دو برابر سنگین‌تر از پتاسیم می‌باشد.

سزیم عنصری است کمیاب، اما با وجوداین اثرات (رد پای) آن در چند نوع صخره‌های کوه‌ها و در آب دریا پیدا می‌شود. همانطور که قبلا" نیز ذکر شد این عنصر روابط نزدیک با آب دارد و این نیز حقیقت دارد که بونزن برای بدست آوردن چند گرم نمک سزیم می‌بایست چهل تن از آبهای حاوی آنرا تبخیر کند. شگفت‌آور اینست که ردپاهای سزیم در چغندر قند، دانه‌های قهوه و برگ چای پیدا شده است. همچنین هر فرد سیگاری باید به‌این امر مطلع باشد که خاکستر تنباکو دو خط آبی در طیف خود دارد.

(شکل ۳۹)

اگر به‌فلزات به‌خاطر فعالیت مجددشان جایزه داده می‌شد، بلاشک، یک هیئت منصفه متشکل از معتبرترین شیمیدانها، باید آنرا به سزیم اعطاء می‌کردند. سزیم نه‌تنها "فلزی‌ترین" عنصر جدول تناوبی است (به‌جز فرانسیم (Francium) که ذخایر آن در طبیعت عملا" صفر است) بلکه به‌طور استثنائی یک عنصر شیمیائی فعال است. سزیم خالص در هوا یکمرتبه آتش می‌گیرد و می‌سوزد. این فلز در برخورد با سولفورها وفسفرها (درحالیکه از "بین تمام فلزات" فقط هالوژنها را به‌حال خود می‌گذارد) به‌شدت واکنش نشان داده و محترق می‌شود. برخورد و همکاری با آب نیز توام با "زد و خورد و کشمکش" می‌باشد. هیدروژن آزاد شده در این واکنش نیز منجر به‌یک احتراق می‌شود. حتی یخ که یک

مادهٔ "صلح‌جو" (از لحاظ شیمیائی) است نمی‌تواند نسبت به‌برخورد سزیم بی‌تفاوت بماند: سزیم با آن نیز "به‌تندی" برخورد می‌کند و حتی در یک یخبندان سخت (بیش از $-116°c$) نیز آرام نمی‌گیرد و "تب کشمکش همچنان ادامه دارد."

به‌همین جهت به‌دست آوردن سزیم خالص بی‌نهایت مشکل است. این مسئله برای اولین‌بار در سال ۱۸۸۲ توسط شیمیدان سوئدی به‌نام ستربرگ (K.Setterberg) که این‌فلز را از طریقهٔ الکترولیتی استخراج نمود، حل گردید. مرحله‌ای که امروزه برای استخراج آن بکار می‌رود در سال ۱۹۱۱ از طرف شیمیدان فرانسوی به‌نام آکسپیل A.Axpille پیشنهاد شد: سزیم توسط کلسیم فلزی درخلاء تحت شرایط درجه حرارت در حدود $700°c$ از کلرورش (کلرور سزیم) به‌زور گرفته می‌شود.

اما اگر بدست آمد! چه کسی می‌تواند سزیم خالص را نگهداری کند؟ البته شما می‌دانید که این سئوال بیهوده‌ای نیست، اما جواب آن واقعاً" ضد و نقیض است: آنرا باید ناخالص کرد. آن به‌صورت مذاب همراه با فلزات دیگر درمی‌آید و آلیاژ تشکیل می‌دهد. آلیاژهای آن "تندخو" و "مهاجم" نیستند و می‌توانند تا موقعی که لازم هستند نگهداری شوند، و در موقع لزوم می‌توان سزیم خالص را به‌وسیله تقطیر در خلاء از آلیاژهای آن جدا کرد.

سزیم "تازه" فلزیست براق با رنگ طلائی کمرنگ، این فلز مانند موم نرم و مثل منیزیم و بریلیوم روشن و براق می‌باشد. دانش عمومی می‌گوید که از میان فلزات جیوه پائین‌ترین نقطهٔ دوب را داراست و از این نظر رقیبی ندارد، اما از میان دیگر فلزات سزیم راحتتر از همه ذوب می‌شود. نقطه ذوب آن $28/5°c$ است. گرمای کف دست انسان برای ذوب کردن آن کافیست. امیدواریم که شما به‌خاطر داشته باشید که

ما دربارهٔ "طبیعت آتش‌افروز" آن چه گفته‌ایم و مطمئنا" سعی نخواهید کرد که آنرا در دست بگیرید .

(شکل ۴۰)

احتیاجی به‌گفتن نیست که استفاده‌از سزیم در ساختن اجزاء ماشین‌آلات سنگین و یا ماشین‌آلات کوره‌های داغ و غیره... غیرممکن است. بعد از این همه صحبت آیا می‌پذیریم که این عنصر "نژاد آبی" و "ممنوعه" (دست نزدنی)، یک عنصر خوب و در عین حال بدرد نخوری است و صرفا" برای جلب توجه دانشمندان وجود دارد؟ در حقیقت این فلز نمی‌تواند از نظر موارد استعمال با آهن، آلومینیم یا تیتانیم رقابت کند، اما خواص منحصر به‌فردی دارد که هیچ فلز دیگری افتخار داشتن آنها را ندارد، ما برای شرح یکی از خواص آن گریزی به قرن گذشته خواهیم داشت :

در سال ۱۸۸۷ یک فیزیکدان معروف آلمانی به‌نام هنریش هرتز Heinrich Hertz، پدیدهٔ "فتو افکت" را کشف کرد (Photoeffect "تبخیر" و خروج و انتشار الکترون از سطح فلز در اثر تابش نور) . اندکی بعد از آن استولئتوف (A.G.Stoletov) پروفسور دانشگاه مسکو، یک سری آزمایشاتی براساس پدیده فوق انجام داد و نتیجه آنها را چنین بیان کرد : "پدیده فوق برپایه این حقیقت قرار گرفته که اشعهٔ بی‌وزن نور به‌مقدار کافی انرژی برای شکستن مدار بیرونی اتمهای بعضی از فلزات دارد و در این عمل یک الکترون مدار خارجی آزاد شده و تولید انرژی می‌کند، اگر یک چنین جریان الکترونهای آزاد شده متوجه قطع مدار برق شوند قادرند دوباره مدار را وصل نمایند .

فلزات مختلف واکنشهای متفاوتی نسبت به‌نور نشان می‌دهند ، از اینرو وقتی تحت تابش نور قرار می‌گیرند بعضی‌ها الکترونهایشان را منتشر می‌کنند و بعضی دیگر اینکار را نمی‌کنند . بعضی از آنها حتی اگر با نورافکن بمباران شوند الکترون پس نمی‌دهند . برخی دیگر برعکس به محض برخورد با یک اشعه نور حتی خیلی کم و ضعیف به‌سهولت و از روی میل الکترونها را آزاد می‌کنند . از این لحاظ سزیم سخاوتمندترین فلزات است . و برای اثبات این ادعا دلیل معتبری وجود دارد : مدار خارجی تمام فلزات قلیائی (سزیم نمونه بارز آنهاست) تنها یک الکترون دارد و بدین دلیل است که این الکترون به‌آسانی توسط نور خارج شده و منتشر می‌شود . در مورد سزیم نیز آن الکترونِ تنها ، در مدار بیرونی در مقایسه با سایر اتمهای "خویشاوندان" قلیائی سزیم ، خیلی دورتر از الکترونهای آن خویشاوندان نسبت به‌هستهٔ اتمش قرار گرفته است . به‌این جهت "کوشش" برای ضربه‌زدن به‌الکترون مدار بیرونی در اتم سزیم مستلزم کمترین نیرو است ، بنابراین سزیم مناسبترین ماده برای

"فتوسلها"ست. در فتوسلها به‌وسیله همین ویژگی انرژی نور تبدیل به‌انرژی الکتریسیته می‌شود. فتوسل‌های سزیم با آنتیموان ترکیب می‌شوند و ورقه آلیاژ حساس در مقابل نور به‌قدری نازک است که یک گرم از آن سطحی در حدود ۱۰ متر مربع را می‌پوشاند.

ما هر روز در ایستگاههای قطارهای زیرزمینی با فتوسلها برخورد می‌کنیم، آنها در داخل "ترنستیل"ها کار گذاشته شده‌اند. (" Turnstiles " ترن‌ستیل = تیری که دارای چهار بازوی متحرک و گردنده است و در محلی که مسافرین باید با دادن پول از آن عبور کنند کار گذاشته می‌شود) ترنستیل روی یک اصل ساده عمل می‌کند.فتوسل در مقابل یک منبع نور کار گذاشته شده، اگر شما سعی کنید بدون انداختن یک سکهٔ ۵ "کوپکی" به‌داخل محفظهٔ مخصوص بروید، فتوسل به‌طور موثری اهرمهای ترنستیل را خواهد بست و مانع از عبور شما خواهد شد. فتوسل "رشوه" را می‌گیرد و راه را باز می‌کند و نمی‌تواند شما را ملاحظه کند.

فتوسلها اختراعات خیلی ساده و در عین حال بسیار قابلی هستند و می‌توانند برای کارهای زیادی بکار روند. به‌محض اینکه تاریکی روی شهر سایه می‌افکند، یک فتوسل لامپهای خیابانها را روشن خواهد کرد. اگر یک اپراتور (متصدی دستگاه) به‌منطقه خطر دست بزند فتوسل فورا" ماشین را متوقف می‌کند، آن می‌تواند سیگارها را بسته‌بندی و اجزاء تولید شده توسط ماشین را که توسط خط انتقال از جلو آن رد می‌شود بشمارد، کیفیت صیقل‌کاری بلبرینگها را کنترل می‌کند، می‌تواند آثار یک صدا روی فیلم را بخواند. فتوسلها معتبرترین نگهبان شب‌برای مغازه‌ها، بانکها و انبارها هستند.

کار بسیاری از دستگاههای فرستنده تصاویر حقیقی از فاصله‌های دور بدون وجود فتوسلها غیرقابل تصور است. هر وقت که شما شانس

دیدن یک مسابقهٔ هاکی ، یک کنسرت یا یک فیلم تکان‌دهنده را دارید به‌خاطر آن باید از سزیم تشکر کنید . بدون سزیم دستگاه تلویزیون شما بیش از یک جعبهٔ خالی نیست .

همچنین فتوسلها هستند که وظیفهٔ عکسبرداری از ماه را به‌عهده می‌گیرند. بدون فتوسل‌ها ارسال چیزهائی از قبیل نقشه ، عکس، نامه و غیره توسط تلگراف غیرممکن است .

براساس خواص فتوالکتریکی سزیم است که دستگاه *Introscope* (درون‌نما ، عیب‌یاب) ساخته می‌شود. این دستگاه امر نگاه کردن به‌داخل مواد مات و تیره را برای یافتن عیبها ممکن می‌سازد ، همچنین سزیم درمقابل اشعهٔ مادون قرمز حساس است . از اینرو در وسایلی که شب می‌توانند ببینند (یک دستیار خوب برای رانندگان) و همچنین در رویت‌های تلسکوپی مورد استفاده قرار می‌گیرد .

تحت تاثیر حرارت ، عملی شبیه فتوالکتریک روی سزیم رخ می‌دهد . به‌این دلیل است که این فلز بیش از تمام عناصر شیمیائی دیگر و به‌سهولت تبدیل به‌گاز یونیزه و یا پلاسما می‌شود. پلاسمای سزیم دست‌آورد بزرگ علمی و عملی جالبی است. برای مثال : در فضای بیرون جو که حد ترقیق خیلی بالاست جریان انتشار الکترونهای اتم سزیم یک نیروی قوی پرتاب کننده سریع عکس‌العملی ایجاد می‌کند که می‌تواند سرعت فوق‌العاده‌ای به‌راکت‌ها برساند (برطبق نظریه متخصصین غربی سرعت آن می‌تواند در هر ثانیه بیش از ۴۴ کیلومتر باشد) .

در حال حاضر پلاسمای سزیم‌کارهای کافی برای انجام دادن در اینجا ، در روی زمین دارد . در ژنراتورهای هیدرو دینامیکی مغناطیسی پلاسمای سزیم گرما را تبدیل به‌الکتریسیته می‌کند . یک نوع از این ژنراتورها که خیلی مورد استفاده قرار می‌گیرند طرح ساده‌ای دارد :

تنها قسمت متحرک آن گاز یونیزه می‌باشد که نقش روتر را ایفا می‌کند. وجود سزیم همچنین در مبدلهای انرژی گرمایونی (*Thermionic*) به الکتریسیته و نیز تبدیل انرژی حرارتی راکتورهای هسته‌ای به الکتریسیته واجب و ضروری است. نخستین واحد نیروگاه گرما ـ هسته‌ای تولید کننده برق به‌نام توپاز *Topaz* در اتحاد شوروی دایر و مشغول به‌کار است.

سزیم در مرکز تحقیقات و پژوهشهای شدید علمی قرار دارد. چندین سال پیش فیزیکدانان در دانشگاه بیل فلد *Biele Feld* آلمان غربی آزمایش جالبی انجام دادند. آن آزمایش فقط یک دهم ثانیه طول کشید در صورتی که دو سال وقت صرف تدارکات آن شده بود! آن چه آزمایشی بود؟

یک اتم سزیم قرار گرفته در داخل یک دستگاه مخصوص را در معرض بمباران سریع یک اشعهٔ قوی لایزر قرار دادند، و درنتیجه اتم به چنان انگیزش و هیجان بزرگی دچار شد که مدارهای الکترونی آن دراز شدند و این اتم سزیم دهها هزار بار بزرگتر شد.

یک گروه از دانشمندان فیـــزیک آمریکا در (*Oak Ridge*) یکی از بزرگترین مراکز صنعت اتمی در ایالات متحده، روشی بکار بردند که به‌وسیله آن تک تک اتمهای بعضی از عناصر را بتوانند بشمارند. این روش براساس انگیزش و تحریک تک‌تک اتمها به‌وسیله اشعهٔ لایزر قوی و تسریع شده بنا شده است. سزیم اولین عنصری بود که برای اثبات و انجام این شیوهٔ جدید مورد استفاده قرار گرفت.

دانشمندان انستیتو تحقیقات ژئوفیزیکی هندوستان که آبهای ۶۰ چشمهٔ آبگرم معدنی واقع در رشته کوه هیمالیا را مطالعه می‌کردند، نتیجه گرفتند که غلظت زیاد سزیم در آن آبها می‌تواند در اثر فعالیت کوههای آتشفشانی باشد.

CESIUM
CLOCK

تمرکز زیاد ایزوتوپ سزیم ــ ۱۳۷ در لایه‌های تنه درختان زنده مانده در ناحیه مشهور آتشفشانی *Tunguska* در سیبری دیده شده است و جالب توجه‌ترین حقیقت اینست که این امر غیر متعارفی شیمیائی درست در لایه‌های شکل گرفته در سال ۱۹۰۸ یعنی زمانیکه انفجار روی داده مشاهده می‌شود.

حقیقت جالب توجه دیگری در رابطه با سزیم وجود دارد. در سال ۱۹۶۷ کنفرانس عمومی بین‌المللی اوزان و مقادیر تصدیق کرد که: "یک ثانیه مدت زمانی معین از دوره‌ای‌است که‌درطول آن ۹۱۹۲۶۳۱۷۷۰ بار جریان تشعشع الکتریکی در بین دو مدار فرعی سزیم ــ ۱۳۳ انجام می‌گیرد. بله! بهمین سادگی! شما می‌خواهید یک ثانیه را اندازه بگیرید؟ یک لحظه صبر کنید تا یک الکترون سزیم از یکی از مدارهایش در مدت زمان معینی به‌مدار دیگری بپرد. اگر انجام اینکار برای بشر سخت باشد، ساعتهای اتمی بر پایه این واحد زمان‌کاملا" موثر و دقیق کار می‌کنند. دقت کار آنها چنان‌است‌که‌اگر سه هزار سال بعد از این کار کنند فقط ممکن است یک ثانیه خطا کنند. باید توضیح داده شود که دقت این کار به‌علت پایداری و ثبات فوق‌العادهٔ خواص عمدهٔ اتمهای سزیم می‌باشد.

ما می‌توانستیم به‌گفتارمان دربارهٔ سزیم به‌طور نامحدود ادامه دهیم ولی به‌خاطر عدم طولانی شدن موضوع به‌داستانمان پایان می‌دهیم. ما می‌توانستیم دربارهٔ خواص کاتالیزوری و قدرت آن در بوجود آوردن خلاء در لامپهای الکترونی، دربارهٔ ایزوتوپهای آن و کاربردشان در پزشکی، درباره کاردهی آن در عیب‌یابها و وسایل اندازه‌گیری، درباره سهم آن در تولید تک بلورهای درخشان که تحت تاثیر هر تشعشی با شعلهٔ آبی یا سبز روشن می‌شوند، صحبت کنیم. خلاصه عرصه‌کاربرد سزیم خیلی‌وسیع است‌وآیندهٔ‌آن‌واقعا "بی‌پایان‌خواهد‌بود.

فصل یازدهم

بـــــاریـــــم

(خوشبختی یک کفاش بولوگنا)

Ba

جواهر بولوگنا . ــ سنگین یا سبک؟ ــ
آزمایشاتی در بوته کربن . ــ تندخو . ــ فعالیت غیرقانونی . ــ مانع از شرارت بشوید . ــ در اسکناسها و اسناد . ــ یک صبحانهٔ باریم . ــ اشعه‌های مرموز . ــ جانشین فلسهای ماهی . ــ رنگ سبز در آتشبازی . ــ به‌ابوالهول آمپول تزریق می‌شود . ــ حق با چه‌کسی است . ــ نمک در شعله . ــ آیا جای خالی وجود دارد . ــ بلورها رنگ خود را تغییر می‌دهند . ــ اشتباهات آموزنده . ــ استعداد با منتهای دقت . ــ در یک میدان مغناطیسی . ــ کشف یک داروساز . ــ استعداد برجسته . ــ چه‌چیزی مانع است . ــ در آسمان کلمبیا .

تاریخ پیدایش این عنصر به‌قرون وسطی و اوجگیری علم کیمیا برمی‌گردد . در سال ۱۶۰۲ یک کفاش و کیمیاگر از شهر بولوگنا (Bologna) به‌نام کاسیو رولوس (Casciorolus) در کوههای محلی سنگی پیدا کرد ، این سنگ آنقدر سنگین بود که بسیار خنده‌آور و مضحک بود که بتوان حدس زد که آن دارای طلا است . با این همه وی چنین حدسی زد و سنگ را به‌مغازه‌اش حمل نمود تا در آنجا طلای آنرا استخراج کند .

وی ابتدا تصمیم گرفت سنگ مزبور را با ذغال سنگ و روغن جامد سرخ نماید . اگرچه با اینکار هیچگونه طلائی بدست نیآورد ، ولی این آزمایش برایش امیدبخش بود . سنگ هنگام سرد شدن در تاریکی با یک تابش مایل به‌قرمز می‌درخشید .

(شکل ۴۲)

کفاش مردی خوش برخورد و اهل معاشرت بود و از این جهت راز سنگش را از دیگران پنهان نکرد. با شنیدن این خبر کیمیاگران و تمام جویندگان طلا به‌حالت هیجان‌زده‌ای دچار شدند. ماده معدنی کفاش از این بعـــد "سنگ خورشید"، "سنگ بولوگنا" یا "جواهر بولوگنا" نامیده شد و پیوسته در تمام آزمایشات و فعل و انفعالات موضوع عمده بود، اما چون هیچ طلائی بدست نیامد، علاقه به‌این ماده معدنی جدید به‌تدریج از بین رفت.

صد و پنجاه سال بعد، در سال ۱۷۷۴ شیمیدانان معروف سوئدی اسکله (Scheele) و آهَن (Hahn) سنگ بولوگنا را به‌دقت مورد مطالعه قرار دادند و در نتیجه دریافتند که آن دارای "خـــاک سنگین" مخصوصی می‌باشد که در ابتدا بارُت و سپس باریت نامیده شد (آن از کلمه یونانی barus به‌معنی سنگین است) و این فلز که به‌شکل "خاک

سنگین" درآمده بود، باریم[1] نامیده شد.

در سال ۱۸۰۸ سِر دِوی (*Sir Davy*) از بریتانیا، باریم فلزی را به‌طریقه الکترولیتی از باریت جدا کرد. از آن زمان معلوم شد که آن می‌باید نسبتاً" سبک باشد (وزن مخصوص آن $۳/۷ g/cm^{۳}$). یک شیمیدان دیگر بریتانیائی به‌نام کلارک (*Clarke*) پیشنهاد کرد که نام باریم به‌افتخار خدای افسانه‌ای جهان مردگان به پلوتونیم (*Ptutonium*) تغییر داده شود. بهرحال از وی حمایت نشد و در نتیجه نام این فلز سبک همچنان "سنگین" باقی ماند. لازم به‌یادآوری است که بر طبق طبقه‌بندی فنی مدرن، باریم به‌عنوان سنگین‌ترین فلز در گروه فلزات سبک خوانده می‌شود.

امروزه باریم فلزی (فلز نرم و سفیدرنگ) به‌طریقه آلومینوترمی و کاهش اکسید باریم بدست می‌آید. این عمل اولین‌بار توسط دانشمند فیزیکوشیمی روسی به‌نام نیکلای بکتوف و موسس این شیوه انجام شد. وی آزمایشات خود را چنین شرح می‌دهد: "من مقداری اکسید باریم بی‌آب، به‌اضافه مقداری کلرور باریم به‌عنوان عامل واکنش و مقداری اکسید آلومینیوم را با هم مخلوط کرده و آنها را به‌مدت چند ساعت در بوته‌ٔ کربن حرارت دادم. وقتی که بوته سرد شد در آن یک آلیاژ فلزی پیدا کردم که کاملا" با اکسید آلومینیوم فرق داشت و خواص فیزیکی متفاوتی داشت. این آلیاژ ساختمان بلورین بزرگی داشت و خیلی شکننده بود و سطح آن مایل به‌زرد ملایم و براق مانند یک طلوع تازه

---

۱) باریم ـ عنصریست فلزی و سفید نقره‌ای رنگ، وزن اتمی آن ۱۳۷/۳۴ و عدد اتمی آن ۵۶، سمّی بوده و در صنعت رنگسازی و شیشه‌سازی بکار می‌رود. وزن مخصوص آن ۳/۷ و نقطه ذوبش $۷۰۴°C$ تا $۸۵۰°C$ است.م

بود. تجربه بعدی نشان داد که از هر صد قسمت آن، ۳۳/۳ قسمت باریم و ۶۶/۷ قسمت اکسید آلومینیوم و به‌عبارت دیگر ۲ قسمت آلومینیوم و یک قسمت باریم است..."

امروزه پروسه تولید باریم در خلاء و تحت درجه حرارت $1200^{\circ}C$ تا ۱۱۰۰ انجام می‌گیرد. همراه با کاهش اکسید باریم به‌وسیله آلومینیوم، عمل تقطیر باریم نیز انجام می‌گیرد و باریم تقطیر شده بعد از سرد شدن و انجماد، باریم خالص خواهد بود.

باریم یک عنصر شیمیایی خیلی فعال است. این عنصر در گرما و یا در اثر برخورد و اصابت به‌سهولت آتش می‌گیرد، به‌آسانی درمقابل اکسیژن، نیتروژن، هیدروژن و آب واکنش نشان می‌دهد، (در مجاورت هوا، باریم براق و تازه بزودی لایه‌ای از اکسید به‌روی خود می‌گیرد). و به‌این خاطر است که مثل دیگر فلزات "تندخو" در نفت سفید شیرجه می‌رود. این امر محدودیت نسبی موارد استعمال باریم فلزی را روشن می‌کند. در تکنولوژی‌ایجاد خلاء زیاد، "کار" اصلی این فلز جذب و گرفتن گازهای باقی‌مانده است. مقادیر کمی از این فلز در استخراج و ذوب مس و سرب به‌عنوان یک کاهش دهنده اکسید (گیرنده اکسیژن) و یک عامل احتراق و برطرف‌کننده گازها بکار می‌رود. اگر مقدار کمی باریم به‌فلزات اصلی سازندهٔ بلبرینگها و حروف چاپ بیافزائیم استحکام آنها خیلی بالا می‌رود. الکترودها برای شمع موتور اتومبیلها و لامپهای الکترونی رادیو از یک آلیاژ باریم با نیکل ساخته می‌شوند.

ترکیبات باریم موارد استفاده بسیار وسیعی دارند. سولفات باریم (سنگ سنگین) مدتهای طولانی است که در صنعت تولید رنگ کاربرد دارد. در حقیقت در ابتداء، استفاده از سولفات باریم در رنگسازی غیر مجاز بود. این "خاک سنگین" درترکیب با سفیداب سرب[1] یک مخلوط خیلی ارزان اما با کیفیت پائین بدست می‌دهد. صاحبان

←

کارخانه‌های رنگسازی با فروش همان اجناس سودهای کلانی را بیشرمانه بدست می‌آوردند.

در سال ۱۸۵۹ وزارت صنایع و بازرگانی روسیه گزارشی مبنی بر بهره‌برداری پنهانی از بندر یاروسلاول (*Yaroslavl* بندری کنار رودخانهٔ *Volga*) دریافت کرد. گزارش می‌گفت که کارخانه‌داران صنایع رنگسازی "خاک سنگین" را با سفیداب سرب مخلوط می‌کنند و آنرا به‌عنوان یک کالای با کیفیت و مرغوب به‌خریداران می‌فروشند و بدین ترتیب آنان را می‌فریبند. و همچنین گزارش حاوی یک درخواست بود: "کارخانه‌داران مذکور را به‌خاطر استفاده غیرمجاز از خاک سنگین در تولید رنگهای مختلف توقیف کنید". این گزارش با همان مضمون برای معاون وزیر، کسی که چنانکه ما می‌شنویم، دستور داده بود که از مقتدران یاروسلاول بازجوئی به‌عمل آید، فرستاده شد. اما چون موضوع بازرسی به‌عهدهٔ رئیس پلیس کراسووسکی، بازرس اصلی کارخانه‌داران گذاشته شد، طبیعتا" نتیجه این بود که کارخانه‌داران در اداره وی اظهار ندامت کردند و بعد از آن در درست کردن و جعل محصولات حتی گستاختر شدند. گزارش همچنین می‌خواست که: "از شرکت آن افراد شریر و گستاخ در بازارمکاره‌شهر نوژنی‌نوگراد (*Nizhni Novgorod*، گورکی‌گراد امروزی) جلوگیری به‌عمل آید" جائی که تمام محصولات رنگ‌از آنجا مستقیما" به‌سرحدات امپراطوری فرستاده می‌شد. "جلوگیری از آن بسیار ساده است، فقط کافی است که از تمام سازندگان رنگ سفید پرسیده شود که چرا چنین مقادیر زیادی ازاین "خاک سنگین" را می‌برند

زیرنویس صفحهٔ قبل:

۱) سرب سفید (*White Lead*) ـ سفیداب سرب که همان کربنات بازی سرب است $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ م.

و در چه موردی از آن استفاده می‌کنند ، و اگر آنها آن خاک را در سفیداب سرب مخلوط می‌کنند ، نتیجه این عمل چیست . "

بهرحال آن همه دادخواست و گزارش بی‌اعتنا باقی ماند ، و علاوه بر آن در سال ۱۸۸۲ کارهای تولید و استخراج "خاک سنگین" در یاروسلاول دایر گردید و در نتیجه در سال ۱۸۸۵ مقدار ۵۰۰۰۰ پوط (۸۰۰ تن) از خاک سنگین برای همان هدف استخراج شد. در اوایل سالهای ۱۸۹۰ مندلیف نوشت : "... در بسیاری ازکارخانه‌ها "باریت" به‌سفیدآب سرب اضافه می‌شود ، چون رنگ وارد شده از خارج نیز محتوی آن است بنابراین ارزش آنرا پائین می‌آورد " .

سولفات‌باریم در صنعت رنگسازی کم‌کم مکانی قانونی و مجاز بدست آورد : و از آن پس به‌محدودهٔ لیتوفون وارد شد (*Lithophone* = مخلوط سولفید روی و سولفات باریم که در رنگها به‌جای سفیداب سرب (سمی) بکار می‌رود) آن رنگی سفید با کیفیت خوب و قدرت پوششی عالی مورد علاقه بیشتر مشتریان می‌باشد. آن همچنین یک عامل با اهمیت برای پوشش در تولید بعضی از انواع کاغذهای با کیفیت (کاغذهای پول ، اسناد و مدارک) بکار می‌رود .

تعلیق نمک سولفات باریم در آب به‌عنوان یک عامل سیال در حفر چاههای نفت و گاز بکار می‌رود. سولفات باریم خیلی بیش از بافتهای ارگانیسم انسان در مقابل اشعهٔ X ، مات و تیره است و این خصوصیت پایه و اساس تشخیص بیماریهای معده‌ای ـ روده‌ای می‌باشد . به‌مریض سولفات باریم مخلوط با آب ، (خوراک باریم) خورانده می ـ شود و سپس معدهٔ وی با اشعه X عکسبرداری می‌شود : تودهٔ تیره‌رنگ باریم ، تصویر روشنی از معده و روده‌های بیمار نشان می‌دهد. و این امرپزشک‌راقادر می‌سازد تا هر نوع بی‌نظمی را در معده بیمار تشخیص دهد. توانائی سولفات باریم در جذب اشعه‌های X و گاما کاربرد آنرا

در دستگاههای اشعه ایکس و راکتورهای هسته‌ای به‌عنوان ماده‌ٔ محافظ توضیح می‌دهد.

(شکل ۴۳)

یادآوری می‌شودکه کشف اشعه ایکس با یکی دیگر از نمکهای باریم (پلاتینو سیانید باریم) ارتباط دارد. در سال ۱۸۹۵ دانشمند برجسته‌ٔ فیزیک به‌نام رنتگن Wilhelm Konrad Roentgen اهل آلمان، نتیجه گرفت که تابش سبزرنگ این نمک در تاریکی مدیون فعالیت یک رادیو اکتیو تاکنون ناشناخته می‌باشد. رنتگن برای تاکید بر طبیعت مرموز آن، تابش جدید را اشعهٔ X نامید، اما بزودی نام اشعه رنتگن به افتخار کاشف آن در بسیاری از کشورهای جهان بکار برده شد.

همهٔ ما رنگهای قوس و قزحی مرواریدها را تحسین می‌کنیم.

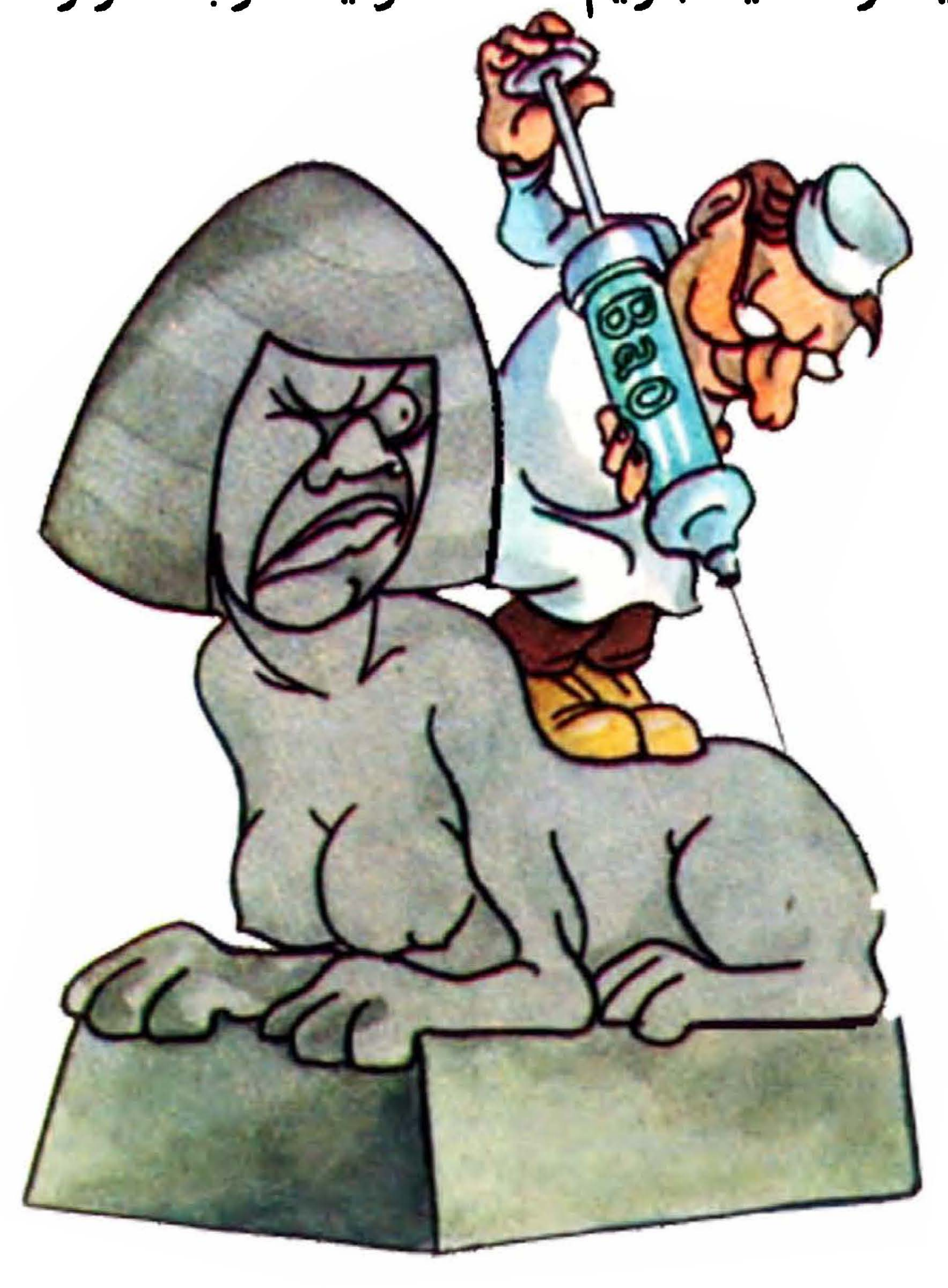
شگفت‌اینکه جستجوی راهی برای تولید مواد مصنوعی این رنگها از زمانهای بسیار قدیم استمرار داشته است. در روزگاران گذشته این مواد با بکار بردن آمیخته‌ای از فلسهای ماهی بدست می‌آمد. حتی امروزه یک ماده رنگی مروارید در بعضی از نقاط به‌همین شیوه بدست می‌آید (اگرچه این شیوه نسبت به‌زمانهای گذشته خیلی بهبود یافته و اصلاح شده است.)اما در شیمی عصر ما اعتماد کردن به‌این شیوه و چیزهائی مانند آن بی‌معنی است. تیوسولفات باریم به‌طور موثری جانشین آنها شده است (*Thiosulphate*) بلورهای این ماده در مخلوط با مقداری رنگ روغن ورنی بی‌رنگ دُرّ نشان می‌شوند. اگر همان بلورها داخل ژلاتین یا چسب نجاری شوند مادر مرواریدهای بدل درست خواهد شد.

صاحبان کارخانه‌های شیشه‌سازی با کربنات باریم که به‌خاطر ضریب انکسارش به‌ترکیب شیشه اضافه می‌گردد، به‌خوبی آشنائی دارند. بعضی اوقات نیترات باریم به‌منظور هدف مزبور اضافه می‌شود. اما "شغل مورد علاقه" نیترات باریم آتش‌بازی است، رنگ سبز درخشان این نمک و همچنین کلرات‌باریم، در تمام نمایشهای آتشبازی ضروری است. علاوه بر این کلرات باریم یک کشنده خیلی خوب علفهای هرز می‌باشد و مورد توجه کشاورزان است.

مجسمهٔ بزرگ ابوالهول، نگهبان اهرام مصر، در حدود پنج هزاره است که "زنده مانده" است. این مجسمه به‌دستور پادشاه *Chephren* از یک صخرهٔ آهکی تراشیده شد. آن دارای بدن شیر و سر انسان است که گفته می‌شود می‌باید پیکر خود پادشاه باشد. حتی اگر صورت فرعون در روزگاران گذشته زیبا به‌نظر می‌رسید، اکنون نسخهٔ غول‌پیکر وی تمام جذابیتش را از دست داده است: طوفانهای ریگ، بارانها و قطره‌های تند آن، عملاً بینی آن را به‌کلی ویران کرده است، به‌چشم چپ آن یک لوچی قابل ملاحظه‌ای داده شده است، همچنین

صورت آن دارای خطوط عمیق چروکیده‌ای می‌باشد. گردن مجسمه زخم مخصوصی برداشته به‌طوریکه پیوسته "وزن کم می‌کند" و لاغرتر می‌شود. یک روزنامهٔ محلی چنین نوشت: "مجسمه ابوالهول بیمار است و اگر اقدام فوری به‌عمل نیاید ممکن است گردنش بشکند". چندین سال قبل کوششهائی برای "معالجهٔ" بیماری آن به‌عمل آمد: "آمپولهائی از نمکهای باریم به‌آن "تزریق" شد که قسمتهای در حال فرو ریختن آنرا تقویت می‌کرد، این امر برای مدت کوتاهی کمک کرد، چهار سال بعد ابوالهول برای تعمیرات اساسی "ممنوع‌الملاقات" شد.

اکسید باریم دارای "سابقه کار" کاملا" طولاني می‌باشد. این ماده تقریبا" تا اواخر قرن گذشته برای استخراج و تولید اکسیژن بکار می‌رفت. برای اینکار اکسید باریم تحت شرایط درجه حرارت C °۶۰۰



(شکل ۴۴)

– ۵۰۰ سرخ می‌شد که در طول این مدت اکسیژن هوا را جذب کرده و به پراکسید باریم تبدیل میگردید. وقتی که درجه حرارت این مرحله به $700°C$ می‌رسید پراکسید در حالیکه ازاکسیژن اضافی دست می‌کشید دوباره تبدیل به‌اکسید می‌شد. این عمل تازمانی که روش استخراج اکسیژن از هوای مایع متداول شد، بکار می‌رفت.

صفحه جالب توجه دیگر در تاریخ اکسید باریم در سال ۱۹۰۳ توسط یک فیزیکدان آلمانی به‌نام وهنلت *Wehnelt* نوشته شد و آنچه که اتفاق افتاد یک تصادف صد درصد بود، این دانشمند موظف شد که صحت و سقم قانون خروج الکترونها از اجسام گرم شده در روی مفتول سیم پلاتین را ثابت کند. قانونی که مدتی پیش توسط فیزیکدان بریتانیائی ریچاردسون *Richardson* کشف شده بود.

اولین آزمایش وی آن قانون را ثابت کرد و روز بعد وهنلت *Wehnelt* تصمیم گرفت آنرا با یک مفتول دیگر تکرار کند. وی با شگفتی زیادی مشاهده کرد که مفتول یک جریان الکترون خیلی قدرتمندتر از روز قبل منتشر نمود و وسیله اندازه‌گیری جریان تقریبا" شکسته بود. چون خواص فلز نتوانسته بودند به‌طور برجسته تغییر کنند، این دانشمند می‌بایست تصور می‌کرد که "حمله شدید و ناگهانی الکترون" به‌سبب ماده‌ای است که تصادفی و به‌طور اتفاقی از روی پلاتین عبور کرده بود و باعث خروج خیلی بیشتری از الکترونها شده بود. آن ماده چه می توانست باشد؟

وهنلت شروع به‌ته‌نشین کردن چند ماده یکی بعد از دیگری در روی مفتول پلاتین کرد، اما ناگهان متوجه شد که هیچ یک از آنها نتوانستند تاثیری بر جریان الکترون داشته باشند. وقتی که وی خود را آماده تسلیم شدن می‌کرد، ناگهان به‌خاطر آورد که روغن بکار رفته در پمپ که در آزمایش "شرکت کرده بود" محتوی اکسید باریم است که

توانسته به‌خوبی از روی مفتول پلاتین عبور کند. وی یکبار دیگر دستگاهها را بکار انداخت و فقط لحظاتی بعد با خوشحالی مشکل را برطرف کرد. او ماده‌ای کشف کرده بود که هیچگونه برابری از نظر انتشار الکترونها در اثر گرما با مفتول پلاتین نداشت.

در حقیقت جهان‌علم فورا" نتیجه‌گیری او را تایید نکرد، بعد از اینکه او نتایج آزمایشات خود را منتشر کرد بسیاری از فیزیکدانان آزمایشات خود را برای بررسی نتایج وی شروع کردند. آنها یکی پس از دیگری اعلام کردند که نتایج فوق در مورد ظرفیت انتشار الکترون اکسید باریم خیلی مبالغه‌آمیز بوده است. خود وهنلت نیز موفق به‌تایید کشف خود به‌وسیلهٔ آزمایشات بیشتر نشد و بزودی همه آزمایشات را متوقف کرد.

تقریبا" ۲۵ سال بعد از آن یک فیزیکدان انگلیسی به‌نام کولر به اکسید باریم علاقه‌مند شد. او یکسری آزمایشات مشکل و پیچیده در سطح بالا انجام داد تا کشف کرد که اگر اکسید باریم در خلاء تحت فشار خیلی کم اکسیژن گرم شود، ممکن است خروج الکترونهای آن زیاد باشد. و اگر ضمن گرم شدن فشار اکسیژن را زیاد کنیم شدت خروج الکترونها به‌سرعت پائین می‌آید. نتیجه‌گیری وی از طرفی اعتبار و شهرت وهنلت را بازگردانده و از سوی دیگر با نظریهٔ عدم تغییر ساختمان بلورهای باریم و یا ترکیب شیمیائی آن روبروگردیدواین‌امرباید توضیح داده می‌شد که چرا ماده‌ای مثل آن ضمن انتشار الکترون هیچگونه تغییر شیمیائی و یا تغییرات در بلورهایش داده نمی‌شود.

در همین موقع یک فیزیکدان آلمانی به‌نام پاول *Paul* بعضی بی‌نظمی‌ها و خواص غیرعادی در رفتار تعدادی از مواد ساده را کشف کرد و بنابراین مسایلی از این قبیل روشن گردید.

وی ابتدا مقداری نمک طعام (کلرور سدیم) را در شعله قرار داد.

هنگام تبخیر سدیم بلورهای آن ارغوانی رنگ شدند. همان جریان وقتی که وی کلرور پتاسیم را روی شعله قرار داده و آزمایش کرد اتفاق افتاد: بخار این ماده دارای رنگ آبی تیره بود. اما قضاوت در موردآزمایشاتی که با اکسید باریم انجام شد نشان می‌دهد که این مواد مجبور نبودند هیچ تغییر شیمیائی بدهند.

آیا این واقعاً" حالت مورد نظر بود؟ کشف شد که بعضی تغییرات رخ داده است. معنی این پدیدهٔ مرموز در سال ۱۹۳۵ توسط خود پاول توضیح داده شد: وی در مورد فرضیه‌ای اظهار نظر کرد که برطبق آن یک ماده بلوری نه به‌وسیله ارتباطی پایدار و دائمی بین اتمهای انواع مختلف، بلکه از روی ارتباط دائمی بین مولکولهای آن مشخص می‌شود. در کلرور سدیم برای یک اتم، بعضی جاها دارای یون مثبت هستند (یونهای مثبت متعلق به‌سدیم‌اند) و بعضی‌جاها دارای یون منفی‌اند (یونهای منفی متعلق به‌اتم کلر هستند) هریک جفت ازاین‌مکانها طوری جا می‌گیرند که شبیه یک "آپارتمان دو اطاقه" می‌باشد که لزوماً" هیچ مستاجری ندارد. اگر ارتباط بین یونهای مختلف در بلورها مطابق ارتباط Stoichio metric[1] عناصر نباشد در این حالت ممکن است خواص آن ماده تغییر یابد. (چنین کریستالهائی که مطابق نمونه نباشند بعدها به‌نام Non- Stoichiometric مصطلح شدند.)

پاول به‌طور منطقی تصور می‌کرد که وقتی که کلرور سدیم گرم می‌شود اتمهای بخار سدیم ممکن است به‌سطح بلورهای کلرور سدیم گذر کنند. در این جریان هریک از اتمها یک الکترون از دست می‌دهند و

---

۱) Stoichiometric ــ شاخه‌ای از شیمی است که در آن مقدار موادی که وارد واکنش شده و تبدیل به‌مادهٔ جدید می‌گردند محاسبه می‌شود. م

دارای یون مثبت می‌شوند و برای خودشان "اتاقی" می‌سازند. در آنجا به‌اتم کلر که دارای یون منفی است و آن نیز از مکان قبلی حرکت کرده است می‌پیوندند و "همسایه" آینده در "دو اتاق" آپارتمان جدید می‌شوند. جای خالی یون منفی اتم کلر به‌وسیله یک الکترون آزاد شده سدیم اشغال می‌شود. اما در طبیعت و سرشت الکترونها نیست که برای مدتی طولانی "در خانه‌ای" بمانند. بنابراین کافی است که انرژی برابر با انرژی یک کوانتم نور زرد به‌آن رسانده شود تا الکترون "محدوده‌اش" را بشکند و مدارش را ترک گوید.

براین اساس بلورهای نمک طعام که دارای یک اتم اضافی سدیم هستند (بلورهائی که *Non- Stoichiometric* هستند) با گرفتن نور زرد و در مطابقت با قوانین طیف، رنگ ارغوانی به‌خود می‌گیرند. سنجشهای دقیق جوابی به‌این سؤال که: چند عدد اتم اضافی سدیم در بلورهای نمک طعام لازمست تا اینکه بلورهای مزبور در مقابل نور زرد، رنگ ارغوانی در طیف نشان‌دهند، داد (و این ثابت شده که فقط چند هزارم یک درصد برای اینکار کافی است).

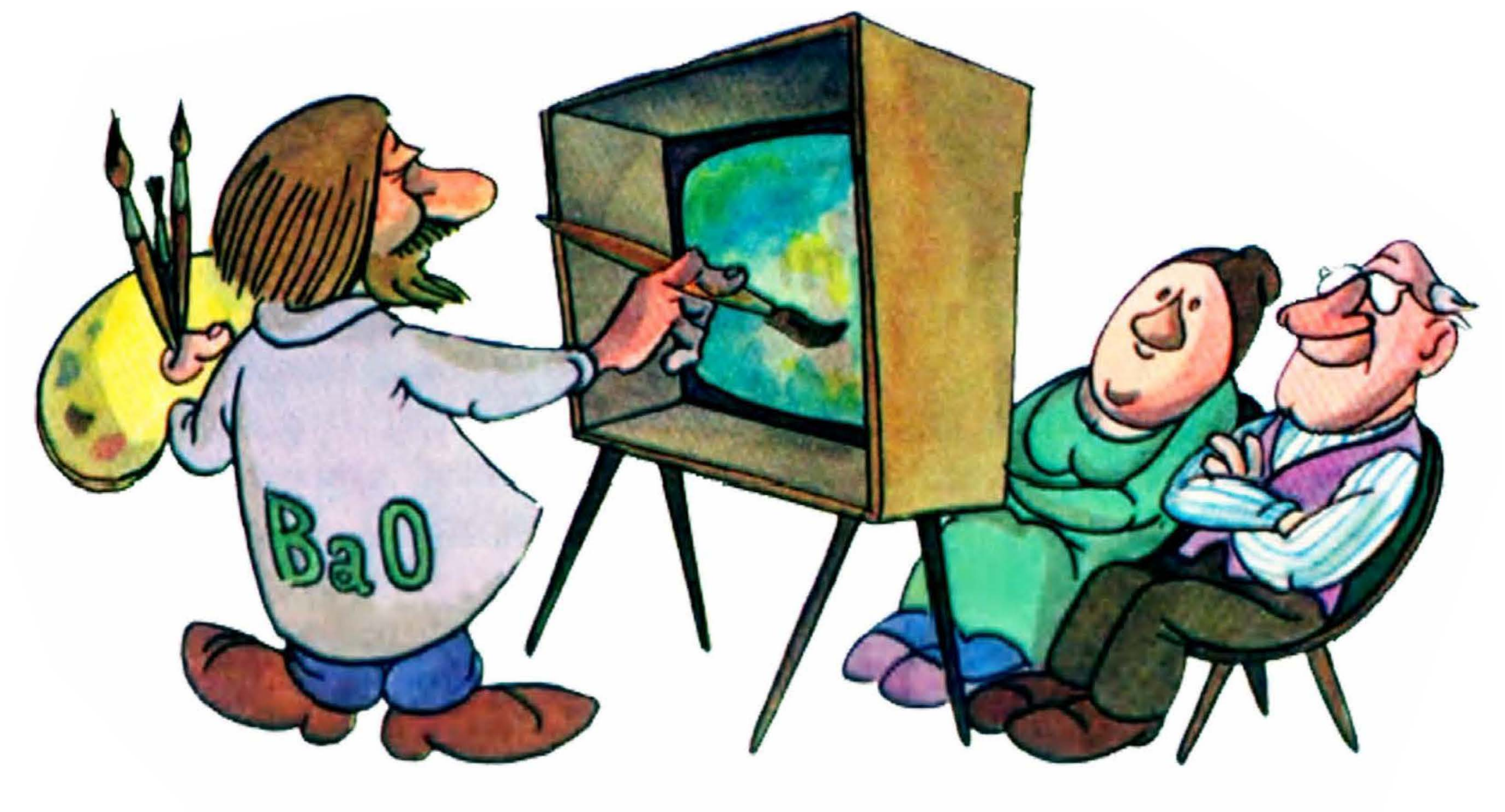
اما برگردیم به‌اکسید باریم. در سال ۱۹۵۳ یک فیزیکدان آمریکائی به‌نام اسپراول (*Sprawl*) مقداری از بلورهای بیرنگ این ماده‌را در باریم مایع گرم کرد و در نتیجه، بلورها به‌رنگ قرمز درآمدند، این دانشمند چنین وانمود کرد که همان تغییرات که در نمک طعام رخ داده بود، در اینجا نیز اتفاق افتاده است، تنها تفاوت موجود این بود که در مورد قبلی جای خالی کلر یک ظرفیتی با یک الکترون سدیم پر می‌شد در صورتی که در مورد این یکی، جای خالی در اکسیژن دو ظرفیتی با دو الکترون پر می‌شد. وی آن توضیح (خروج بیشتر الکترونها) را در فکر خودش بیان داشت. به‌عبارت‌دیگرجای خالی در اکسیژن منبع خروج الکترونهای زیاد بود. جاذبه این فرضیه در سادگی

آن بود. آنچه که باقی می‌ماند و اکنون باید انجام می‌شد انجام بعضی اندازه‌گیریها برای مشاهده این امر که جریان خروج الکترونها مستقیما" به‌چه مقدار اضافی از اتمهای باریم در بلورها بستگی داردبود. امایک‌مانع دیگر وجود داشت: آزمایشات انجام شده به‌وسیله لابراتوار شرکت تلفن ـ بل (Bell Telephone) به‌نظر می‌رسید کاملا" فرضیهٔ اسپراول را رد نماید.

پانزده سال دیگر کوشش سخت و پر زحمتی لازم بود تا اینکه چنین موانعی از سر راه برداشته شوند. در پایان سالهای ۱۹۵۰ شیمیدانان شوروی به‌نامهای بوندل (A.Bundel) و کـــووتـــان (P.Kovtun) اظهار عقیده کردند که آزمایشگران شرکت تلفن ـ بل روش نادرست و ناقصی بکار برده‌اند: لایهٔ نازک اکسید باریم که برای تعیین اتمهای اضافی باریم در روی صفحه فلزی گذاشته شده بود، برای یک تجزیه صحیح شیمیائی کافی نبوده است. گذشته از آن این لایه نازک باریم در طول مدت گرم شدن توانسته است با آمیخته‌ای از فلز اصلی که باریم در روی آن قرار داشت، مخلوط و آلوده شود، و این امر طبیعتا" باعث اشتباه در آزمایش گردیده است. اما اشتباهات آموزنده‌اند.

بوندل و کووتان برای اجتناب از هرگونه محاسبات غلط آزمایش خود را با خالص‌ترین اکسید باریم انجام دادند. در حالیکه برای اجتناب و جلوگیری از هرگونه آلودگی به‌مخلوط دیگر، آنرا در یک ماده شیمیائی ویژه که از نظر شیمیائی ثابت و پایدار بود، حرارت دادند، در همین حال روش و تکنیک آزمایشات نیز بهبود یافته، اصلاح شده، و سال به‌سال توسعه پیدا کرده بود. اما با این همه اینکار آنقدر مشکل بود که فقط اخیرا" دانشمندان از عهده چنین کاری برآمدند.

مقدار باریم اضافی به‌درستی بی‌نهایت کم و غیرقابل سنجش بود. همین ذرات ریز و بی‌نهایت خرد وظیفه انتشار الکترونها را



(شکل ۴۵)

به‌عهده داشتند. بدین ترتیب فرضیهٔ علمی اسپراول با توضیح پدیده کشف شده کاملا" پابرجا و محرز شد. یادآوری این نکته ضروری است که تصویر تلویزیون به‌وسیله جریان الکترونهائی که از بلورهای *Non-Stoichioment* باریم آزاد می‌شوند، "ارائه می‌گردد."

دیر زمانی است که اکسید باریم برای ساختن آهنرباهای سرامیک بکار می‌رود. این عمل با قراردادن پودرهای اکسید باریم و آهن در میدان مغناطیسی قوی تحت فشار انجام می‌شود. فرات باریم (*Ferrate Barium* = نمک قرمز تیره‌رنگ از اکسید اسیدی نامعلوم) که در پروسه این عمل بوجود می‌آید دارای خواص ویژه مغناطیسی است و به‌میزان روز افزونی در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

امروزه تیتانات باریم یک فرو الکتریک بسیار خوب و عالی‌است. این ماده به‌حق مهمترین ترکیب باریم به‌حساب می‌آید، فرو الکتریک‌ها مواد عایقی هستند که اخیرا" مواد شیمیائی آنها کشف گردیده‌اند.

تاریخ آنها درواقع از اواسط قرن هفدهم،وقتی که یک داروساز فرانسوی به‌نام *Siegntte* تارتارات سدیم پتاسیم را کشف کرد (به‌نام نمک *Siegnette* و یا نمک *Rochelle* معروف است) شروع می‌شود، نمک فوق بزودی به‌عنوان یک ملین خوب شهرت یافت. به‌همین ترتیب این ترکیب به‌مدت دو و نیم قرن بکار رفت تا اینکه در سال ۱۹۱۸ یک شیمیدان آمریکائی به‌نام آندرسون کشف کرد که آن نمک دردرجه حرارتهای ۲۲°C الی ۱۵°C ـ یک عایق نسبتا" خوبی است. و حتی در مقابل میادین الکتریکی به‌صورت پولاریز (قطبی‌شده، دارای دو قطب متضاد) باقی می‌ماند.

در سال ۱۹۴۴ یک فیزیکدان شوروی به‌نام وئول *Vul* کشف کرد که تیتانات باریم تقریبا" در درجه حرارت بین ۱۲۵°C الی صفر مطلق (۲۷۳/۱۶°C ـ) به‌طور قابل ملاحظه‌ای عایق است. از آنجائی که تیتانات باریم دارای یک قدرت فوق‌العاده است و همچنین به‌سهولت بدست آورده می‌شود، در آینده یکی از بهترین عایقها و یک مادهٔ خوب برای خازنها در نظر گرفته خواهد شد. تیتانات باریم بواسطه خواص برجستهٔ پیزوالکتریکی‌اش در ساختن مواد و وسایلی بدین نام بکار برده‌می‌شود (*Piezoelectric* = پیزو الکتریک: موادی هستند که خواص الکتریکی آنها در هدایت و عدم هدایت برق تحت فشارهای مختلف تغییرمی‌کندوبدین‌خاطردروسایلی بااین‌خصوصیات بکاربرده‌می‌شوند.

در عصر ما، عصر پیشرفت و ترقی روزافزودن تکنولوژی، عرصهٔ کاربرد عناصر شیمیائی به‌طور روزافزون گسترش یافته و هر روز "کارهای با مسئولیتی" در علم و صنعت و کشاورزی و دیگر موارد به‌عهده می ـ گیرد. در هرحال بعضی از عناصر به‌علت کمیابی و کم‌بودنشان در پوسته زمین به‌سختی می‌توانند بکار گمارده شوند، باریم در این خصوص خوشبخت‌تر از دیگران است. مقدار آن در پوسته زمین فقط ۰/۰۵ درصد

است که چندین مرتبه بیش از مجموع نیکل، کبالت، روی و سرب موجود در پوسته زمین می‌باشد. اکنون واقعا" بر دانشمندان است که وظایف جالب توجه جدیدی برای آن پیدا کنند.

یکی از آنها ساختن ستاره‌های دنباله‌دار مصنوعی است. با آتش زدن باریم در سفینهٔ فضائی در فاصله‌ای دور از زمین، بخارات باریم ابر پلاسمای خیره‌کننده‌ای تولید می‌کنند که دانشمندان را قادر به انجام مطالعات گوناگون و مشاهدات بعدی و تشخیص صحت و سقم مسیرهای سفینهٔ فضائی می‌کند. یک ستاره دنباله‌دار مصنوعی از این نوع اولین‌بار در سال ۱۹۵۹ در طول پرواز ایستگاه اتوماتیک لونا ـ ۱ (*Luna-1*) اتحاد شوروی امتحان شد. در آغاز سالهای ۱۹۷۰ دانشمندان فیزیک آلمان عربی و آمریکا که مشغول جستجوی مستمری در داخل حوزه‌ها و میادین الکتریکی و مغناطیسی زمین بودند در حدود ۱۵ کیلوگرم از خالص‌ترین و ریزترین ذرات باریم را در یکی از ارتفاعات خیلی بلند روی کلمبیا انداختند که بعد از آن یک ابر پلاسما بوجود آمد که از نقاط مختلف آمریکا مشاهده می‌شد، ابر پلاسما در امتداد خطوط مغناطیسی کره زمین کشیده شد که در نتیجه آن دانشمندان توانستند موقعیت سفینه‌شان را در فضا بررسی کنند. در سال ۱۹۷۹ در کیرونای سوئد (*Kiruna*) برای ادامه آزمایشات و مطالعه روی ابر پلاسما، سنگهای باریم آتش زده شدند، باریم تحت تاثیر اشعه خورشید به‌سهولت یونیزه شد و تابشی به‌وجود آورد که از فواصل دور توسط دستگاههای فوق‌العاده حساس تلویزیونی قابل رویت بود. ابرهای باریم در روند مطالعه و شناخت ستاره شمالی روزنه‌های روشنی گشود. آن در طی حرکتش با برخورد به‌میدانهای الکتریکی طبیعی موجبات افزایش اطلاعات و دانش بشر از طبیعت این میادین را فراهم می‌سازد. بی‌شک در آینده این عنصر خیلی بیشتر مورد توجه قرار خواهد گرفت.

فصل دوازدهم

هـــافنیـــــم
(فقط یک رد پا)

Hf

کدامیک شانس داشت؟ ـ یک ماده معدنی از شبه‌جزیره آسیائی. ـ حبابهای صابون. ـ مباحثات داغ. ـ به‌افتخار یک قبیله قدیمی. ـ کشف موسلی. ـ موازنه نیروها. ـ در تایید هم‌وطن خود. ـ چیزی نمانده بود که "آسیا" موفق شود. ـ ردپاها کجا هستند؟ ـ چند کلمه درباره دوقلوها. ـ چوب لای چرخ پیشرفت. ـ هافنیم یک عامل مخرب. ـ رفتار متفاوت با نوترونها. ـ به‌عنوان یک محصول اضافی. ـ راکتور یا بمب اتمی؟ ـ هزینهٔ آن به‌اندازه طلاست. ـ صمغهای شگفت‌آور. ـ مورد نیاز زیاد. ـ یاقوت کبود یا فیانیت؟

با یک نگاه اجمالی و گذرا به‌جدول تناوبی و اسامی عناصر، به راحتی می‌توانیم به‌طبیعت "جغرافیائی" اسامی پی ببریم. بسیاری از اسامی این جدول ارتباط خودشان با اسامی شهرها، کشورها و قاره‌ها را آشکار می‌کنند. اما طبیعتا" همه اسامی به‌افتخار "مکان‌های جغرافیائی" نامگذاری نشده‌اند. از میان تمام قاره‌ها فقط اروپا و آمریکا "هم‌نامهای" خود را در جدول تناوبی دارند، از میان آنها قاره آسیا شانس زیادی نداشته است. لازم به‌یادآوری است که زمانی این قاره کاملا" نزدیک به‌موفقیت بود. شما در زیر شرح آنرا می‌خوانید:

مدتی قبل از شروع جنگ اول جهانی یک کارگر آزمایشگاه معدن‌ـ شناسی سن‌پطرزبورگ، یک نمونه از ماده معدنی اورتیت *Orthite* را از

شبه جزیرهٔ Svyatoi Nos واقع در کرانه آسیائي اقیانوس منجمد شمالي آورد . در آنزمان دانشمندان علاقه زیادی به‌عناصر رادیو اکتیو داشتند و چون دلایلی برای وجود تلوریم (یکی از جالبترین عناصر رادیو اکتیو) در اورتیت وجود داشت ، در آزمایشگاه تصمیم گرفتند که اورتیت را تجزیهٔ شیمیائی کنند .

آکادمیسین ورنادسکی Vernadsky ، ژئوشیمیست برجسته که ریاست آزمایشگاه معدن‌شناسی را به‌عهده داشت ، این وظیفه را به شاگردش کنستانتین ننادکویچ واگذار کرد ،وی بزودی موفق شد آنرا به ذرات ریزی تجزیه کند و انتظار داشت آنها توریم باشند ولی مطمئن نبود .

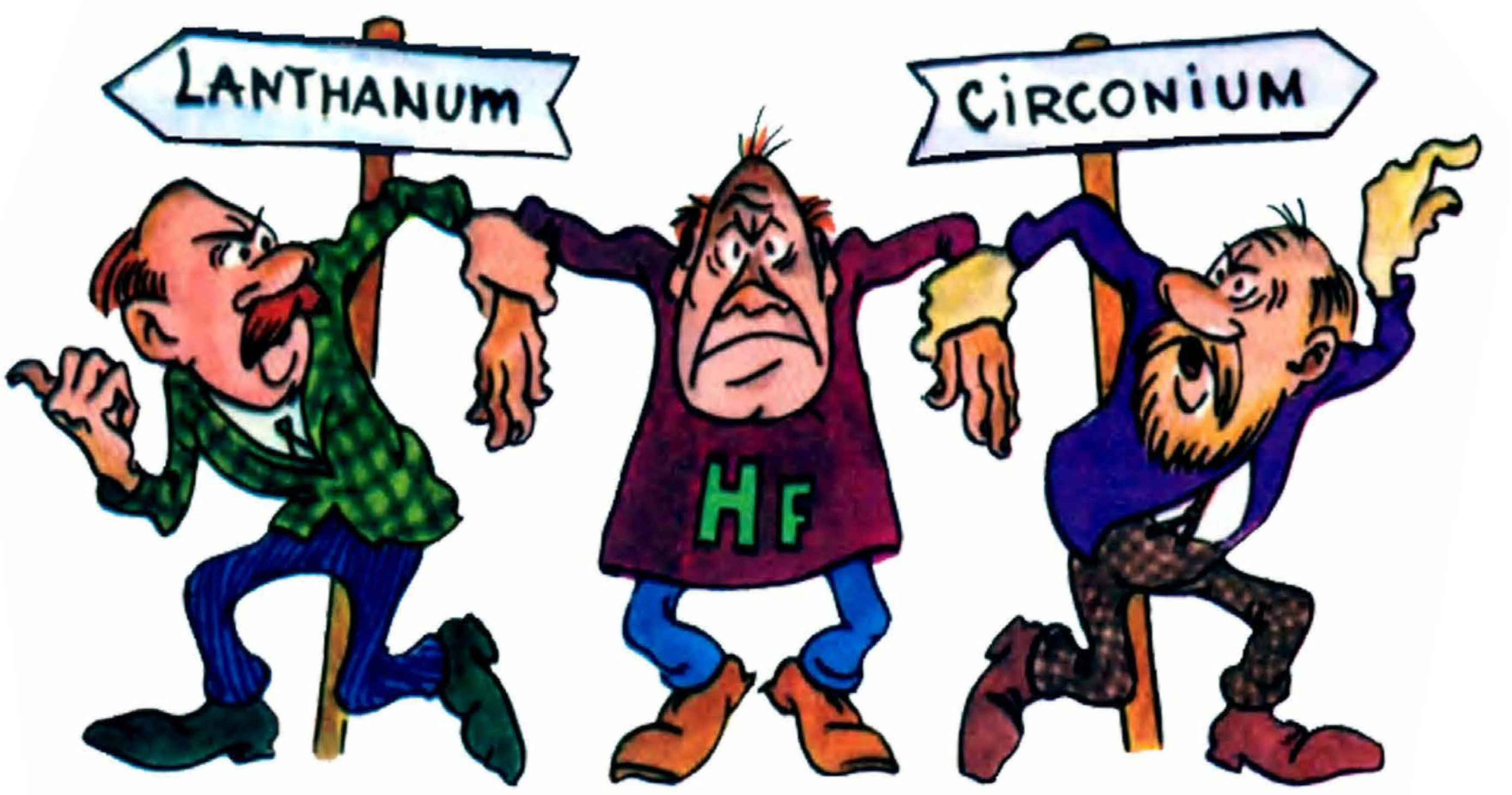
ننادکویچ با مشورت استادش وزن اتمی آنرا اندکی بیش از ۱۷۸ تعیین کرد و این بدان‌معنی بود که جای آن در جدول تناوبی می‌بایست بین لوتسیم (شماره ۷۱) و تانتالوم (شماره ۷۳) باشد و آن خانه شماره ۷۲ بود که هنوز خالي بود . درآن زمان ننادکویچ رئیس خود را از کشف عنصر جدید آگاه نمود .

ننادکویچ با خوشحالي زیاد از کشف خود می‌خواست کشف خودش را به‌دانشمندان جهان اعلام کند ولی ورنادسکی او را از اینکار منع کرد و گفت : "عجله نکنید نتایج بدست آمده باید دوباره کنترل شوند حتی صدها بار باید کنترل شوند .قبل از اینکه شما اعلام کنید . " و سپس ادامه داد : "آن از کجا آمده است ؟" ، " از شبــــه جزیره Svyatoi Nos " و باز ادامه داد "پس بنابراین آن از خاک آسیاست و ما آنــرا "آسیم " خواهیم نامید " .

اما مثل اینکه مقدر نبوده است که بزرگترین قاره زمین در جدول تناوبی "خویشاوندی" داشته باشد . زیرا بزودی جنگ جهانی اول درگرفت و بعد از پایان آن در روسیه انقلاب ۱۹۱۷ روی‌داد و به‌دنبال

آن جنگ داخلی باعث به‌تعویق افتادن پی‌گیری فلز مزبور شد .

وقتی که مندلیف تمام عناصر شناخته شده را در جدول قرارداد خانه شماره ۷۲ خالی از "مستاجر" بود . این دانشمند بعدها پیش‌بینی کرد که وزن اتمی مستاجر جدید بایستی نزدیک به ۱۸۰ باشد و به‌خاطر اینکه در خانه زیری زیرکونیم بود می‌بایست خواص آن نزدیک و مشترک با زیرکونیم باشد و همچنین در طبیعت باید در ارتباط با آن و همراه با آن باشد .



(شکل ۴۶)

سنگ معدنهای زیرکونیم محتوی یک ترکیب ناشناخته بودندکه از مدتها قبل مورد توجه قرار گرفته بود . در قرن نوزدهم گزارشهای متعددی که ادعای کشف فلز جدید را داشته‌اند ، شده بود . و بعدها این عنصر چندبار "دوباره کشف شد" و هر بار نیز اسمی جدید به‌آن داده شد : (مثل : Ostranium ، Norium ، Jargonium ، Nigrium ، Euxenium) ولی هیچکدام از آنها عمری بیش از عمر یک حباب صابون

نداشتند و هر بار آزمایشات و تجزیه‌های به‌دقت انجام شده سفسطهٔ "کاشفین" آنها را ثابت کرد.

نتیجه‌گیریهای معین در ارتباط با عینیت عنصر شماره ۷۲، به‌دلیل اینکه همسایه‌طرف‌چپ‌آن‌درجدول‌تناوبی‌ازخانوادهٔ‌عناصرکمیاب خاکی (لانتانیدها) بود بی‌نهایت مشکل‌می‌نمود. (در آن زمان هیچکس نمی‌دانست که چند عنصر کمیاب خاکی در طبیعت وجود دارد. و برسر این موضوع مباحثه داغی‌در گرفت، یک عده می‌گفتند که آن باید (شماره ۷۲) متعلق به‌زیرکونیم باشد و عده دیگری می‌گفتند که باید از خانواده عناصر کمیاب خاکی باشد.)

در سال ۱۸۹۵ *Julius Thomsen* از دانمارک فرضیه‌ای را در تایید اینکه عنصر جدید باید شبیه به‌زیرکونیم باشد مطرح کرد و پیش برد ولی نتوانست مخالفین را قانع کند. در آغاز قرن بیستم شیمیدان فرانسوی به‌نام *Urbain* به‌خاطر مطالعات مهمش در زمینه عناصر کمیاب خاکی شناخته شد و نظرات او در خصوص شماره ۷۲ بیشتر موجب سردرگمی گردید.

در سال ۱۹۰۷ همین دانشمند فرانسوی آخرین عنصر خانواده لانتانیدها، یعنی شماره ۷۱ را که عضو عناصر کمیاب بود کشف کرد و آنرا لوتسیم (*Lutecium*) نامید، او خود معتقد بود که بعد از این عنصر، عنصر دیگر کمیاب خاکی کشف خواهد شد و در سال ۱۹۱۱ وی کشف یک عنصر جدید را اعلام‌کرد، او فکر می‌کرد این عنصر جدید باید آخرین نماینده لانتانیدها باشد که در خانه ۷۲ جا می‌گیرد و آنرا *Celtium* به‌افتخار *Celts*، قبیله‌ای که برای اولین‌بار در قلمرو فرانسه زندگی می‌کرد، نامید.

دو سال بعد یک فیزیکدان جوان بریتانیائی به‌نام *Henry-Moseley* کشف فوق العاده مهمی انجام داد: او ثابت کرد

که بار هسته اتم هر عنصری را که همان شماره شاخص آن عنصر می‌باشد می‌توان بر پایه طیف اشعه X آن محاسبه کرد و معین نمود. وی طی آزمایشاتی که به‌همین روش از نمونه‌های *Celtium* به‌عمل آورد دریافت که آن فقط مخلوطی از عناصر کمیاب خاکی شناخته شده می‌باشد نه عنصر شماره ۷۲.

اما *Urbain* که مایل نبود *Celtium* خود را از دست بدهد با نتیجه فوق مخالفت کـــرد و اعلام داشت که نتیجه مزبور به‌علت ابزار کار ناقص نمی‌تواند درست باشد و هنری موسلی نتوانست جوابی به‌همکار فرانسوی خود بدهد. در پائیز ۱۹۱۵ وی به‌عنوان عضو یک گروه اعزامی بریتانیا در شهر *Gallipoli* واقع در ساحل غربی تنگه‌داردانل، ضمن کار کشته شد. در همین حال یک فیزیکدان دیگر فرانسوی به‌نـــــام *A.Dauvillier* که به‌دقت مطالعات درباره *Celtium* را دنبال کرده بود به‌خواهش *Urbain* در تجزیه طیفی یک ترکیب از لانتانیدها بزور دو خط رنگی غیرقابل تشخیص در مورد *Celtium* کشف کرد و بدین ترتیب *Celtium* " دوباره احیا شـــد "

اما این خوشحالی و شادی دو کاشف فرانسوی دیری نپائید. برای اینکار او باید از فیزیکدان نامدار دانمارکی *Niels Bohr* "تشکر می‌ـ کرد". در آن زمان تئوری "ساختمان الکترونی اتمهای هر عنصر که توسط *Bohr* داده شده بود، تهیه یک طرح نمونه از ساختمان اتم هر عنصر را کاملا" ممکن ساخته بود. برطبق این تئوری اتم عنصر شماره ۷۲ به‌هیچ وجه شباهتی به‌اتم عناصر کمیاب خاکی نداشت و برعکس اتم آن شبیه اتمهای عناصر گروه ۴ یعنی تیتانیوم و زیرکونیم بود.

از اینرو موازنه نظریات و استدلالات بدین صورت بود: در یک طرف آزمایشات و استدلالات *Urbain* و تایید آنها به‌وسیله آزمایشات هموطنش *Dauvillier* و در طرف دیگر نظریه مندلیف، استدلالات

و محاسبات Thomsen Bohr که هنوز به‌طور تجربی تایید نشده‌اند.
حق با کدام بود؟

بزودی جواب سئوال فوق به‌وسیله یک شیمیدان مجارستانی به‌نام G.Von Hevesy و یک فیزیکدان هلندی به‌نام D.Coster داده شد. آنها بدون هیچگونه تردیدی، برتری تئوری Bohr را تایید کردند و به‌استخراج عنصر شماره ۷۲ از مواد معدنی زیرکونیم مبادرت کردند. آنان در سال ۱۹۲۳ یک عنصر جدیدی از سنگ معدنهای نروژی زیرکونیم پیدا کردند و در تجزیه اسپکتروسکوپی (تجزیهٔ طیفی) به وسیله اشعه X بار اتمی یا عدد اتمی هسته آنرا ۷۲ تعیین کردند. همانطور که مندلیف پیش‌بینی کرده بود و Thomsen و Bohr اظهار عقیده کرده بودند، خواص شیمیایی آن‌نزدیک‌به‌زیرکونیم بودوبنابه استدلال دانشمندان دیگر کشف آن هیچگونه تردیدی نداشت بدین ترتیب آن در جدول تناوبی جا داده شد. Hevesy و Coster آن را به‌یادگار Hafnia (نام قدیم کپنهاک، جائی که این عنصر در آن کشف شد) هافنیم[1] (Hanium) نامیدند.

با اینکه در غلط بودن نظریه Urbain و Davillier دو دانشمند فرانسوی هیچ جای شکی باقی نمانده‌بود و عنصر مورد "کشف" آنها فقط یکبار در یک صفحه تاریخ شیمی وارد شد، با این همه دانشمندان فرانسوی عنصر شماره ۷۲ را Celtium نامیده و به‌کارشان ادامه می‌دادندوتا بیست و پنج سال دیگر از هم‌میهن خودشان حمایت می‌کردند. فقط در سال ۱۹۴۹ بود که "پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی

---

۱) هافنیم ـ عنصریست فلزی با وزن اتمی ۱۷۸/۴۹ و عدد اتمی ۷۲، دارای بلورهای خاکستری رنگ، وزن مخصوص آن ۱۳/۱ و نقطه ذوبش $2150^{\circ}C$ است. م

یگانگی شیمی تجربی و نظری" مقرر داشت که این عنصر هافنیم نامیده شود.

بدین ترتیب موازنه به‌نفع تئوری "تناوبی" مندلیف و تئوری "ساختمان الکترونی اتمی" Bohr بهم خورد. اما آن دو خط طیفی که Davillier در تجزیه طیفی از لانتانیدها یافته بود چه بودند؟ آیا آن می‌توانست بدین معنی باشد که وی تسلیم شده و وجدانش را به‌خاطر اثبات نظریه غلط هم‌وطنش زیر پا گذارده بود؟ بهیچ وجه! او واقعا" آن خطوط طیفی راجع به‌عنصر شماره ۷۲ را همراه با لانتانیدها دیده بود: به‌همین خاطر این حقیقتی است که گاهی اوقات هافنیم همراه با فلزات کمیاب خاکی پیدا می‌شود. و این موضوعی است که دانشمندان به‌آن توجه نکرده بودند.

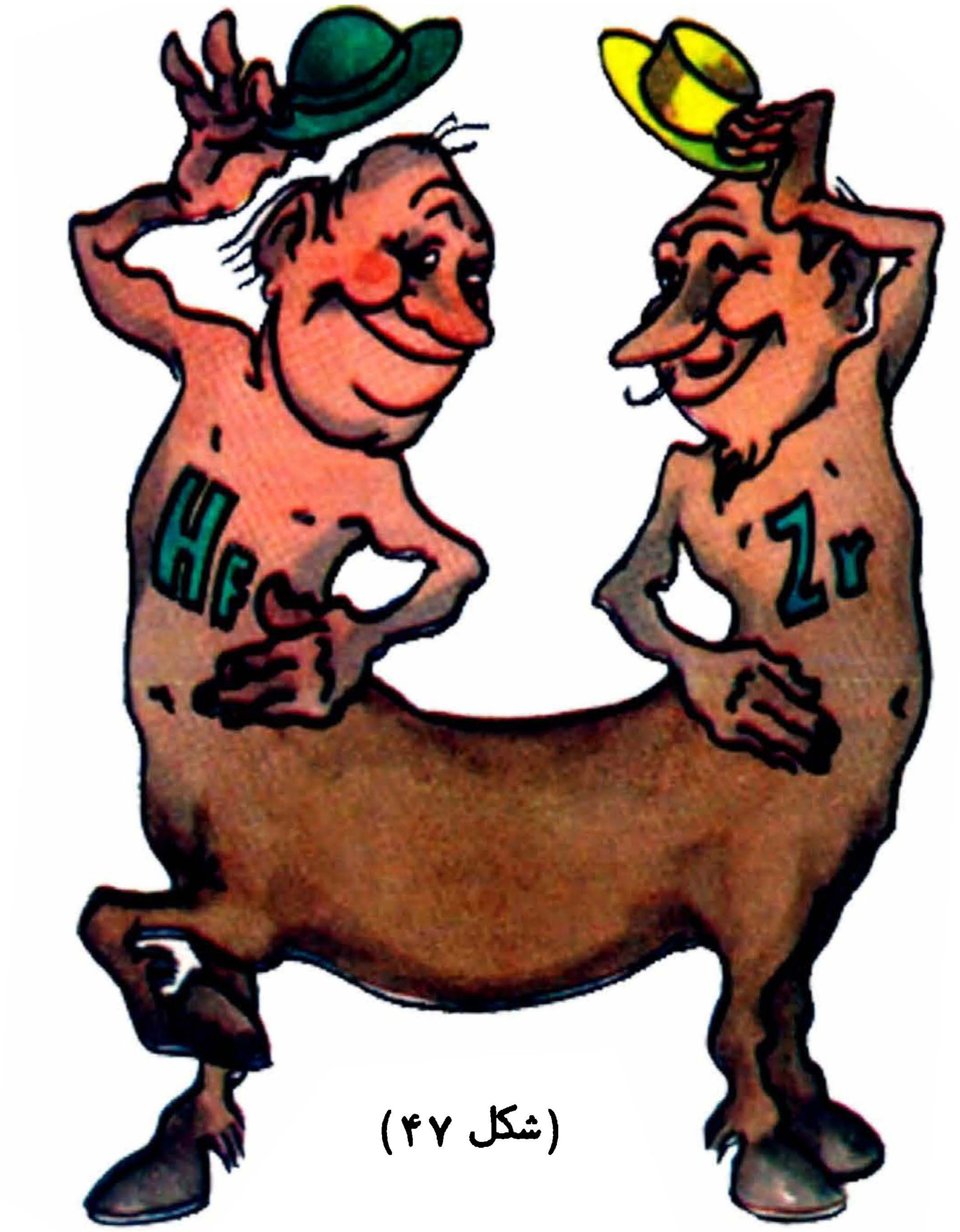
اما دربارهٔ جستجوگران سن‌پطرزبورگ! احتمالا" شما تاکنون حدس زده‌اید که عنصری که رد پاهای آن توسط ورنادسکی و ننادکوویچ قبل از آغاز جنگ اول جهانی پیدا شده بود چیزی به‌غیر از هافنیم نبوده است. اما چون آغاز جنگ و وقایع دیگر مانع از اعلام رسمی کشف آنها شده بود، آنطور که آنان در نظر داشتند این عنصر را به‌افتخار آسیا نامگذاری کنند برخلاف آن این عنصر به‌افتخار پایتخت دانمارک نامگذاری شد.

این فلز "سر در گم کننده" شبیه چیست؟ مابسختی می‌توانیم تصور کنیم که شما موقعیت بدست آوردن و در کف دست گرفتن این فلز براق نقره‌ای را واقعا" داشته باشید. در همین جا می‌گوئیم که ذخایر طبیعی این عنصر به‌هیچ‌وجه کم نیستند. این ذخایر ۲۵ مرتبه بیش از ذخایر نقره و هزار بار بیش از ذخایر طلا هستند. درصورتیکه همه شما نقره و طلا را دیده‌اید ولی احتمال اینکه شما هافنیم را دیده باشید خیلی کم است. چه‌چیزی این تناقض را توضیح می‌دهد.

پراکندگی گسترده این عنصر در طبیعت حقیقت روشنی‌است، فقط رد پاهائی از این عنصر می‌تواند کشف گردد. پراکندگی واقعی آن چنان است که هیچ ذخیره تنهائی از آن وجود ندارد بلکه مانند سایه‌ای زیرکونیم را تعقیب می‌کند، هریک از مواد معدنی زیرکونیم دارای ردپاهائی از هافنیم است. فقط "زیرکون" ماده معدنی اصلی زیرکونیم، در مقابل هر یک اتم هافنیم صد اتم زیرکونیم دارد. و این ماده به عنوان ماده خام تجارتی استفاده می‌گردد. اما تا ماده خام هافنیم به هافنیم فلزی تبدیل شود به یک مرحلهٔ تکنولوژیکی پیچیده نیاز است و این مرحله دقیقا" به‌خاطر وجود زیرکونیم است.

نکته مهم در خصوص این "دوقلوهای شیمیائی" شباهت بسیار زیاد آنها بیکدیگر در خواص شیمیائی‌شان است.یکی از این "دوقلوها" ۱۵۰ سال زودتر از هافنیم به‌دنیا آمده است. هنوز واکنشی پیدا نشده است که یکی از دوقلوها بتواند در آن شرکت کند و دیگری قادر به‌آن نباشد.

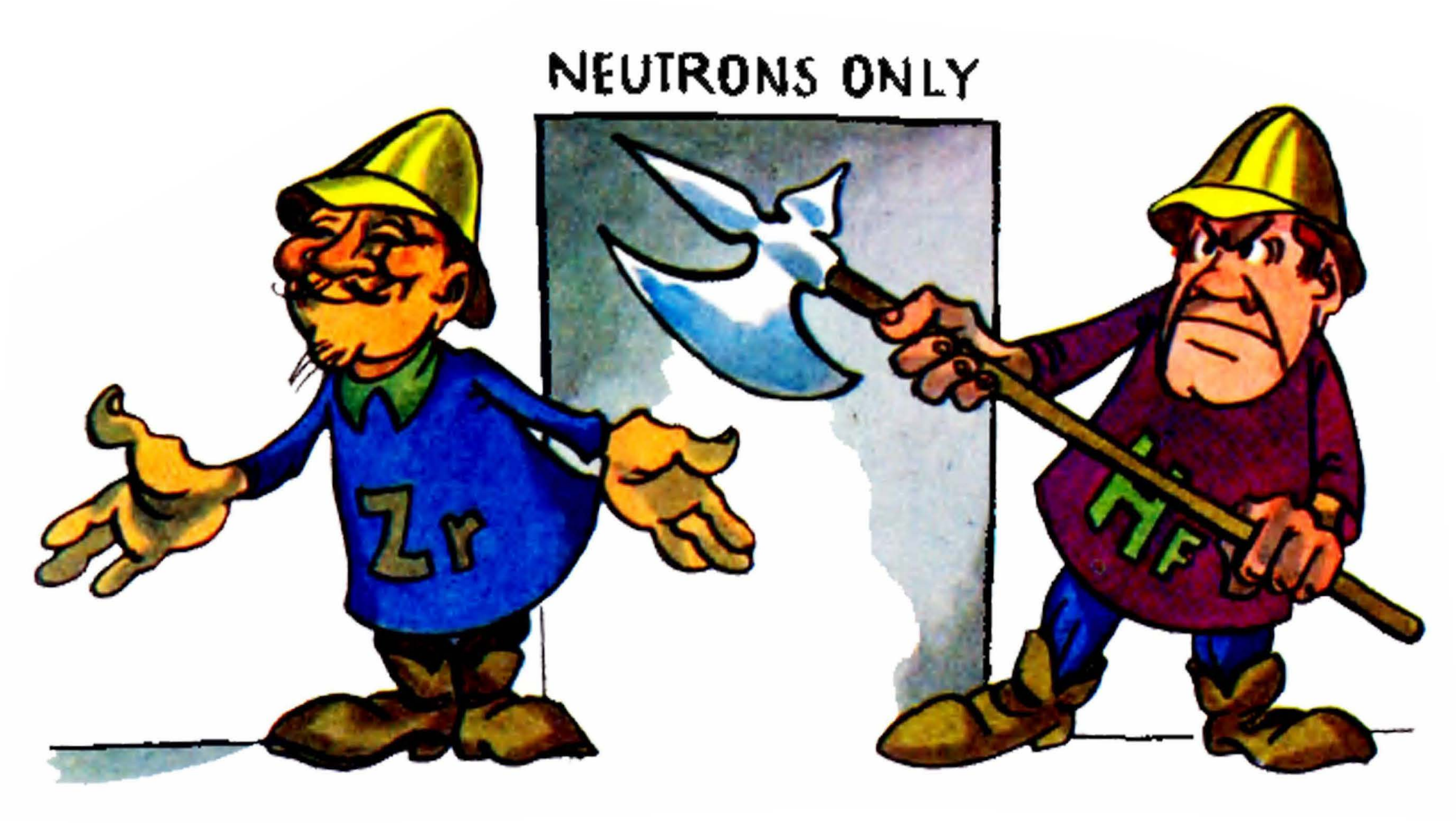
این شباهت فوق‌العاده و باور نکردنی واقعا" "چوب لای چرخ" کوشش دانشمندان و تکنولوژیستها برای جدا کردن این دوقلوها بوده است. در سالهای اخیر برای جدا کردن هافنیم از زیرکونیم، پروسه عمل،احتیاج به‌بیش از ۵۰۰ عمل تجزیه، تبلور، بر پایه تفاوتها و اختلافات نامحسوس میکروسکوپی در قابلیت حل نمکهای این عناصر داشت. ارزش و اهمیت این نوع تولید به‌روشنی معلوم و قابل تصور است، و بدین دلیل است که فقط پانزده سال قبل یا چیزی در این حدود، هیچ محصول تجارتی از هافنیم وجود نداشت و فقط چند کیلوگرم از آن تولید می‌شد و آن برای مقاصد تحقیقی تقریبا" کافی بود. در مورد زیرکونیم نیز همینطور، زیرا آن همیشه مقدار بسیار ناچیزی از هافنیم را همراه داشته است.



(شکل ۴۷)

تقریبا " برای مدتی هافنیم نه‌تنها مانع از پیشرفت همزادش در عرصه کار نشد بلکه از آنجائیکه هر دو آنها در مقابل فساد تدریجی و فرسایش و تحلیل و پوسیدگی و تخریب، عناصری مقاوم هستند با هم همکاری نیز کردند. در نتیجه پیشرفت این روند، در صنعت شروع به استفاده از آنها در ساختن روکش میله‌های‌سوخت‌گیری اورانیم در راکتورهای هسته‌ای شد. همکاری هافنیم با زیرکونیم در این عرصه به یک عامل مخرب تبدیل شد. در نتیجه معلوم شد که آنها علیرغم شباهتهای بسیارشان در مقابل نوترونها رفتار متفاوتی دارند. برخلاف زیرکونیم که نوترونهاراجذب نمی‌کند هافنیم آنها را حریصانه جذب می‌کند. پوشش میله‌های تحریک کننده نوترونها در راکتور هسته‌ای‌نبایدازسرعت نوترونها

بکاهد، زیرکونیم از این نظر بهترین ماده است. اما حضور حتی ۲ درصد هافنیم همراه زیرکونیم باعث تقلیل ارزش و کیفیت آن به یک بیستم ارزش زیرکونیم خالص می‌شود.



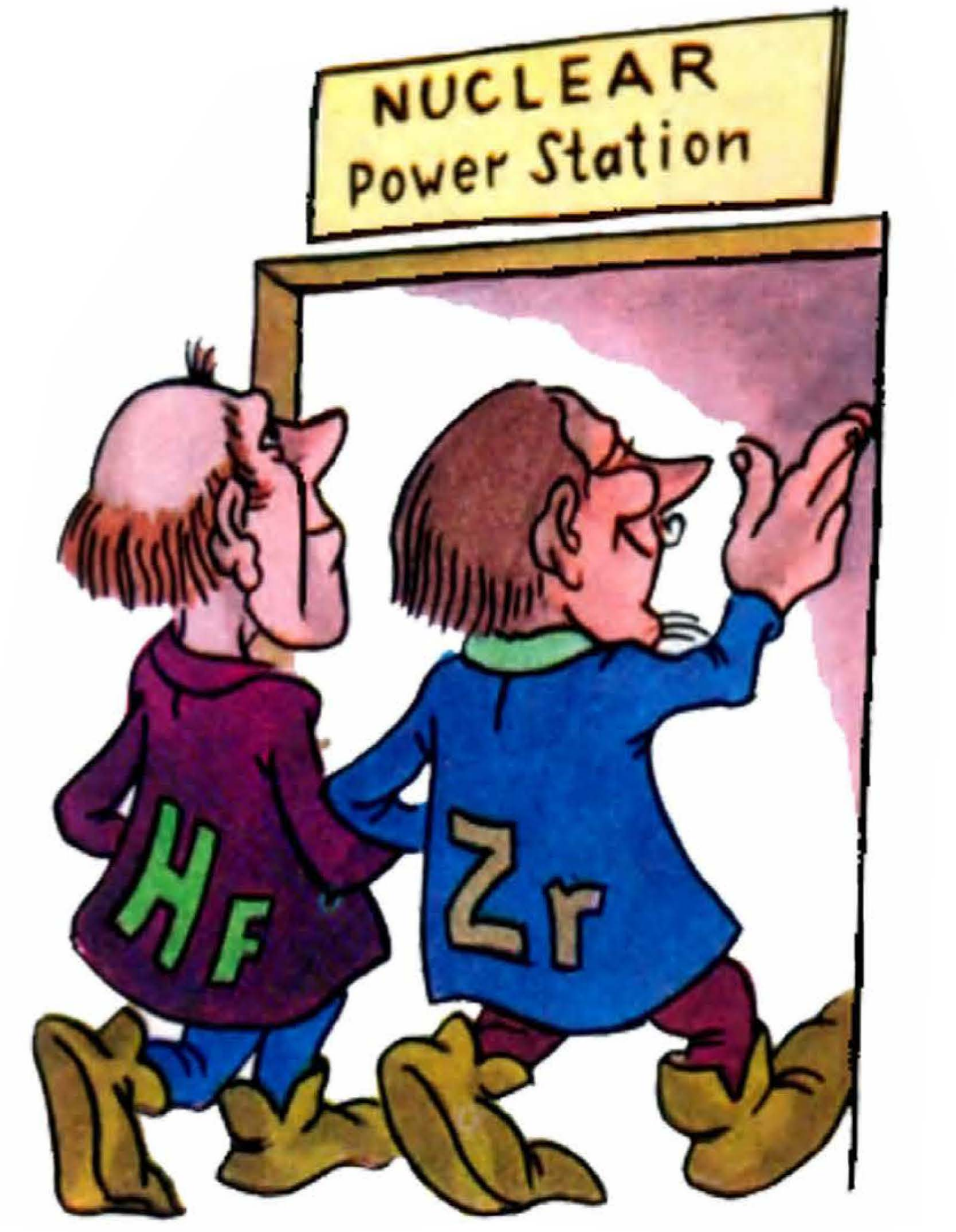
(شکل ۴۸)

دانشمندان علم جدید بایستی برای تولید زیرکونیم خالص به‌خاطر راکتورهای‌هسته‌ای نیروی جدی‌متمرکزمی‌کردند، زیرکونیم تولیدی بیش از ۰/۰۱ درصد هافنیم همراه داشته باشد. آنها برای اینکار حدود ۵۰۰ عمل انجام دادند که از نقطه نظر صنعت طبیعتا" غیر ممکن بود و بالاخره روشی اتخاذ کردند که از نظر اقتصادی موثر و مقرون به‌صرفه بود. هافنیم که از هیدروکسید جدا شده بود در اوایل به‌عنوان یک محصول اضافی ارزیابی می‌شد ولی بزودی این نظریه از ریشه تغییر کرد و خودهافنیم شغلی در راکتور هسته‌ای بدست آورد.

چنانکه قبلا" ذکر شد ، هیچ راکتور هسته‌ای نمی‌تواند

بدون میله‌های کنترل کننده که جریان نوترونها را تنظیم می‌کنند کار کند. وقتی که میله‌های تنظیم کننده از مرکز واکنش هسته‌ای بلند می‌شوند جریان نوترونها سریع شده و پیوسته سریعتر می‌شود و بدون وجود میله‌های کنترل کننده، این جریان با تمام مراقبتهای ایمنی به‌یک بمب اتمی قوی تبدیل می‌شود. ولی در حین افزایش واکنش میله‌های ایمنی پائین آمده، هم مقدار نوترون اضافی را جذب می‌کنند و هم جلو هجوم بیشتر نوترونها را می‌گیرند. دانشمندان دریافته‌اند که هیچ ماده‌ای برای کنترل این امر در راکتورهای هسته‌ای بهتر از هافنیم با استحکام و نیروی مکانیکی عالی و مقاوم در برابر حرارت و پوسیدگی و فساد تدریجی و در عین حال جذب‌کنندهٔ نوترونها، وجود ندارد.

درآغاز سال‌های ۱۹۵۰ کمتر از ۵۰ کیلوگرم هافنیم در ایالات متحده آمریکا تولید شد. در دههٔ بعد این رقم به ۶۰ تن رسید.



(شکل ۴۹)

تقاضای تولید هافنیم فوق‌العاده خالص بدون هیچگونه اختلاط با زیرکونیم از کاربرد آن در صنعت اتمی که در لیست تقدم بود جلوگیری به‌عمل می‌آورد.

هافنیم نیز مانند دیگر مواد جدید هنوز خیلی گران است. بر طبق برآوردهای آمریکائی پروسهٔ تولید هافنیم چندین مرتبه بیش از نقره هزینه‌دارد و این امر از طرفی موارد استعمال آنرا محدود می‌کند و از طرف دیگر شیمیدانان و متالوژیستها، شیوه‌های‌تولید جدیدی را پیش می‌برند که به‌سرعت قیمت آنرا پائین بیاورند.

روش مبادله یون رزین‌ها (رزین Resin = صمغ، محصول ترشح بی‌شکل و آتشگیـر بعضی از گیاهان) آینده بسیار روشنی برای تولید هافنیم می‌آورد. اگر یک محلول محتوی زیرکونیم و هافنیم را از میان ستونی از یونهای مبادله شونده رزینها بگذرانیم، هافنیم موجود در محلول به‌وسیله رزینها "شکار" شده و محلول عاری از هافنیم می‌شود که بعدا" رزینها در مبادله با اسید، هافنیم خالص‌را تسلیم خواهند کرد.

انتظار می‌رود که هافنیم در عرصه‌های مختلف تکنولوژی موارد استعمال متعددی پیدا کند. به‌عنوان مثال: مهندسین متالوژیست معتقدند که هافنیم می‌تواند به‌مقدار زیادی صفات مکانیکی فلزات دیگر را تقویت و بهبود بخشد. همچنین آن می‌تواند در تولید مرحله جدید فولادهای مخصـوص مقاوم در برابر گرما شرکت کند. دیرگدازی هافنیم (نقطه ذوب آن بالای C ° ۲۲۰۰ است) همراه با قدرت آن در جذب و آزاد کردن حرارت، آنرا به‌یک ماده خوب برای ساختن قسمتهائی از موتورهای جت تبدیل کرده است. (تیغه‌ها، سوپاپ‌ها، آب‌پخش‌کن‌ها و غیره). در حقیقت علاوه بر مزایا،آن‌یک‌زیان‌نیزدارد: این عنصر دو برابر سنگین‌تر از زیرکونیم، سه‌مرتبه سنگین‌تر از تیتانیم‌و به‌طور غیرقابل مقایسه‌ای سنگین‌تر از بریلیوم است. هافنیم برای مهندسی

شیمی درجائی که سبک و سنگینی آن زیاد مهم نباشد ولی مقاومت در برابر گرما و تحلیل و پوسیدگی و فساد تدریجی مهم باشد می‌تواند به‌عنوان یک فلز خوب بکار برود.

در مهندسی برق و صنعت رادیو، هافنیم برای ساختن لامپهای الکترونی، لامپهای اشعه X، لامپهای تصویر بکار می‌رود. افزودن دی‌اکسیدهافنیم به‌تنگستن به‌طور برجسته‌ای عمر فیلمان‌های تنگستن را افزایش می‌دهد. ترکیبات دیگر هافنیم از جمله نیترات و کربنات آن (نقطهٔ ذوب C ° ۴۰۰۰) بدون شک شهرت و اعتبار ویژه‌ای به‌عنوان مواد دیرگداز کسب خواهند کرد.

چند سال پیش کلمه جدید فیانیت (Fianite) از کلمه اختصار شده روسی Fian به‌معنی انستیتو فیزیک آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی کاملا" در مطبوعات مطرح شد. آن به‌سنگهای مصنوعی گران‌قیمت که‌اخیرا" ازبلورهای منفرد دی اکسیدهای هافنیم و زیرکونیم ساخته شده‌اند اشاره می‌کند. بلورهای فوق به‌رنگهای مختلف موجودند وباافزایش‌دیگر فلزات به آنها رنگهای مختلفی را به‌نمایش می‌گذارند. بدین ترتیب هر تکه Fianite یک یاقوت زیبا، یاقوت کبود، یاقوت زرد، یاقوت زرد کبودفام، لعل و دیگر سنگهای زیبا را می‌سازد. اما زیبائی تنها برتری فیانیت‌هانیست، از این مهمتر خواص منحصر به‌فرد آنها هستند که ضریب انکسار بالائی دارند. (تقریبا" به‌اندازه الماسها). همچنین سفتی و سختی، دیرگدازی و مقاوم بودن آنها در مقابل مهاجمین شیمیائی از جمله خواص منحصر به فرد فیانیت‌ها می‌باشند. همه این خواص توام با این حقیقت‌اند که آنها نسبتا" ارزان هستند و این بیانگر موفقیت آنها در علوم و تکنولوژی برای ساختن عدسی‌ها و منشورها می‌باشد. همچنین از آنها در ساختن دریچه‌های بازدید دستگاههای مربوط به درجه حرارتهای بالا و نیز در

وسایل ضد مهاجمین شیمیائی استفاده می‌شود. علاوه بر اینها فیانیت‌ها در تولید اشعه لایزر کار ظریفی دارند.

طبیعی است که صنعت انرژی اتمی یکی از مهمترین عرصه‌های تکنولوژی و صنعت مدرن می‌باشد، خطا نیست اگر بگوئیم که: این صنعت که امروزه بیش از ۹۰ درصد کل هافنیم تولیدی را مصرف می‌کند در آینده نیز انحصار مصرف آنرا برای خود حفظ خواهد کرد.

فصل سیزدهم

رنیـــــــــم
(راز پس‌مانده‌های کارخانه)

Re

پیشنهادی به‌ظاهر خوب. ــ جاهای خالی در جدول. ــ مدعیان کاذب. ــ در جستجوی عناصر مشابه منگنز. ــ تاوان دو دلی و تردید. ــ آپارتمان بی‌مستاجر. ــ "ته تغاری". ــ رودخانه‌ای که اسمش را به‌عنصر داد. ــ در راس هرم. ــ رفتن به‌عمق زمین. ــ قیمت یک پوند رنیم چند است؟ ــ فلزی با ظرفیتهای هشت‌گانه. ــ در سطوح و فواصل بین مولکولها. ــ سیمهای شگفت‌آور. ــ اتصالات باید ایمن باشند. ــ کمک کامپیوترها. ــ یک پوشش محافظ جدید. ــ کاتالیزوری عالی. ــ میهمانان متخصص.

درپایان دههٔ ۱۹۲۰ یک‌شرکت‌خارجی‌پیشنهادی‌به‌ظاهرخوب به مدیر کارخانه تولید کننده فلزات غیر آهنی در سیبری داد: او خواست پس‌مانده‌های باطلهٔ کارخانه را در مقابل اندکی پول، سخاوتمندانه بخرد.

مسئولین امر به‌درستی حدس زده بودند که این شرکت خارجی در تصمیم خود حتما" دلایل به‌خصوصی دارد و مبادرت به‌اینکار به‌نفع اتحاد شوروی نیست. شیمیدانان مجربی‌این "زباله‌های" قدیمی را تجزیه کرده و بزودی روشن شد که‌شرکت مزبور چه‌برنامه‌ای برای‌بعدداشته است: آنها دارای یک عنصر بسیار کمیاب به‌نام "رنیم"[1] که چند سال قبل کشف شده بود، بودند. از آنجائی که تولید جهانی رنیم با

←

گرم سنجیده می‌شد، قیمت آن واقعا" سرسام‌آور بود و شگفت اینکه نمایندگان شرکت خاضر بودند برای "زباله‌ها" پول کلانی بدهند. ولی طبیعتا" پیشنهاد آنها رد گردید.

رنیم چیست و چرا چنین علاقهٔ شدیدی نسبت به آن وجود دارد؟ این فلز توسط آیدا و والتر نووداک کشف گردید در حالیکه چند نفری قبل از آنها بودند که تصور می‌کردند این افتخار نصیب آنها خواهد شد. مدتها قبل در سال ۱۸۷۱ مندلیف پیش‌بینی کرده بود که در طبیعت دو عنصر شیمیایی شبیه به منگنز وجود دارند و آنها باید در خانه‌های شماره ۴۳ و ۷۵ جدول تناوبی قرار بگیرند. مندلیف آنها را به‌طور اختیاری *eka* منگنز و *dvi* منگنز نامید.

ناگهان مدعیان زیادی برای خانه‌های خالی جدول تناوبی پیدا شدند. تاریخ شیمی اسامی زیادی از این قبیل مدعیان را به‌خود دیده است، که هرکدام برای خود نامی پیدا کردند و سپس فراموش شدند. همین ماجرا برای خویشاوندان دیگر منگنز نیز اتفاق افتاد. بسیاری از دانشمندان در بسیاری از کشورها مدعی کشف این عناصر مرموز و شبیه به‌منگنز شدند، برای مثال: *lucium*، *ilmenium*، *davium* و *Nipponium* ولی همه اینها اشتباه و غلط بودند. اما در مورد *Davium* چندان مثل دیگران نبود، آن در سال ۱۸۷۷ توسط شیمیدان روسی *S.Kern* کشف شد و به‌افتخار *Sir Davy* شیمیدان معروف

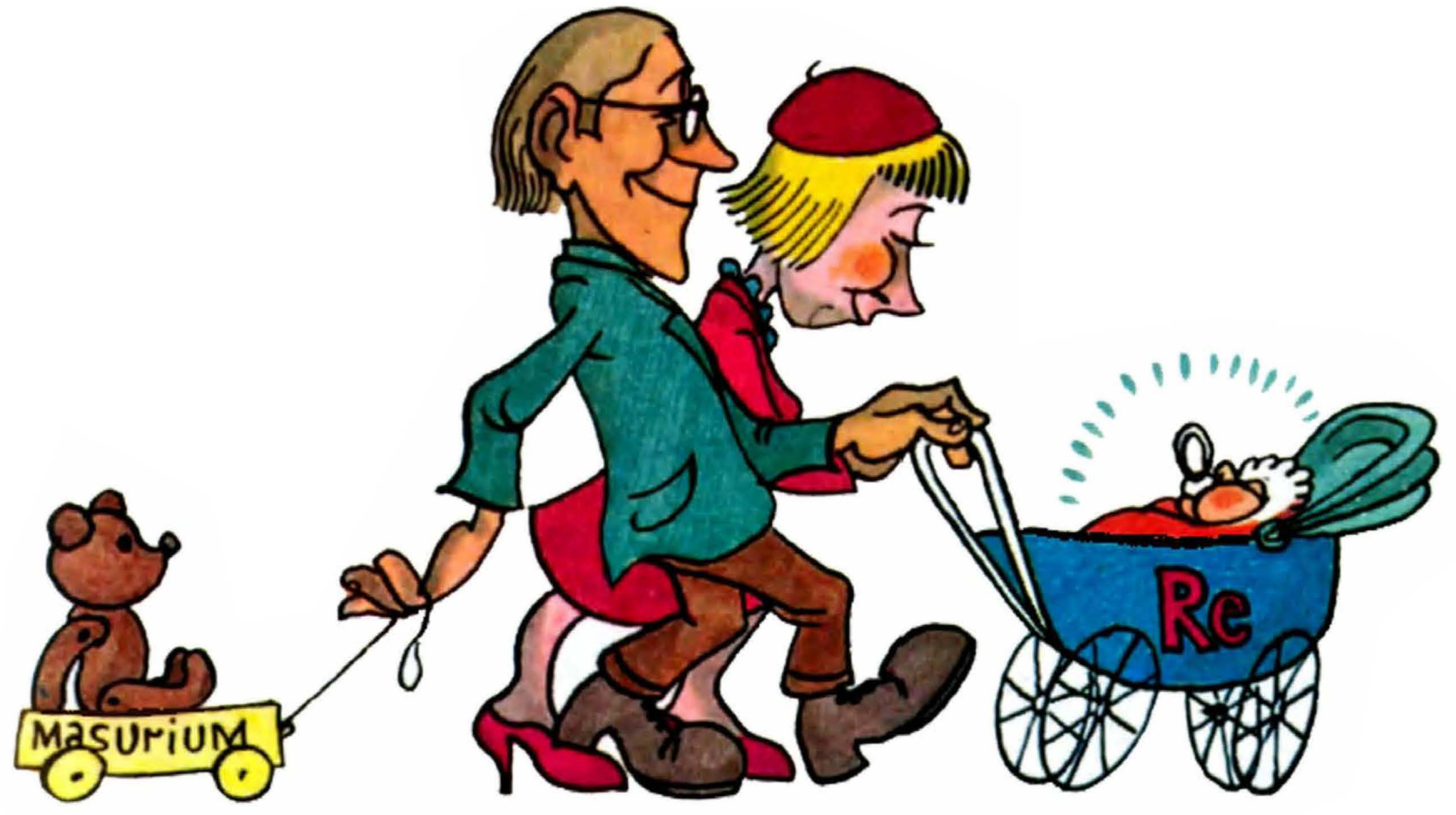
زیرنویس صفحهٔ قبل:

۱) رنیم ـ عنصریست فلزی با وزن اتمی ۱۸۶/۲ و عدد اتمی ۷۵، به‌صورت پودر خاکستری مایل به‌سیاه و یا به‌صورت جامد به رنگ سفیدنقره‌ای وجود دارد. وزن مخصوص آن ۲۱/۵۲ و نقطه دوبش ۳۱۸۰ $^{\circ}C$ است. م

انگلیسی ، *Davium* نامیده شد ، وبخاطریک واکنش شیمیائی معین که امروزه ما برای بدست آوردن رنیم استفاده می‌کنیم ، شناخته شد . شاید بتوانیم تصور کنیم که ممکن است کِرن درهنگام آزمایش به ذرات تیره نقره‌ای رنگ این فلز برخورد کرده باشد ، فلزی که بعد از پنجاه سال رسما" بانام رنیم به‌دنیا آمد . در هرحال در زمان کِرن خانه‌های ۴۳ و ۷۵ "بدون مستاجر" باقی ماندند .

دوره تردید و دودلی در مورد عناصر شبیه به‌منگنز تا زمانی که نوبت جستجو برای "عناصرگم شده" به‌آیدا و والتر نووداک رسید ، طول کشید . در سال ۱۹۲۲ آنها شروع به‌یک سری آزمایشات بر روی سنگ معدن پلاتین کردند ، اما بزودی مجبور شدند آزمایشات خود را بر روی یک ماده "ساده‌تر" انجام دهند ، چون این آزمایشات با پلاتین متحمل هزینه کاملا" زیادی می‌شد . علاوه بر این ،تحقیقات عملی بعدی روشن ساخت که "خویشاوندان منگنز" می‌بایست در مواد معدنی از نوع کلمبیت پنهان شده باشند . آنها همچنین حجم تقریبی ذخایر این عناصر در پوسته زمین را تعیین کردند : در مقابل هر اتم این عناصر ، هزاران میلیون اتم از عناصر دیگر در پوسته زمین وجود دارد . و اکنون کاملا" روشن شده بود که چرا اتاقهای شماره ۴۳ و ۷۵ برای یک‌چنین مدت طولانی خالی مانده بودند .

آزمایشات نوداکها با کوششهای زیادی که استفاده از اشعه *X* را به‌طریقه اسپکتروسکوپی ممکن می‌ساخت ، انجام می‌شد (یک متد تازه کشف شده) این دانشمندان درعرض یک سال ۱۶۰۰ ماده موجود درروی زمین و ۶۰ سنگ شهابی را به‌طور موفقیت‌آمیز آزمایش کردند و کارهای آنها با موفقیت استقبال شد : در سال ۱۹۲۵ آنها کشف عناصر شماره ۴۳ و ۷۵ را با نامهای *Masurium* شماره ۴۳ و *Rhenium* شماره ۷۵) در کلمبیت اعلام کردند .



(شکل ۵۰)

اما اعلام این‌کشف کـل قضیه نبود ،لازم بود که کشف آنها برای کسانی که این کشف را زیر سئوال می‌بردند ثابت شـود. یکی از دانشمندانی که به‌کشف آنها شک داشت Prandtl یک دانشمند شیمی آلمانی بود. او که تئوریسین و آزمـایشگر برجسته‌ای بود وارد یک مناظره داغ با نوداکها شد. و نوداکها نیز به‌هر قیمتی شده بود از شهرت و اعتبار خود دفاع کردند بالاخره جنگ تن به‌تن بین طرفین، که از طرف جهان علمی تعقیب می‌شد بـا شگـفتـی زیادی پایان یافت: نوداکها موفق نشده بودند دلایل قانع‌کننده‌ای درباره کشف Masurium بدهند، اما تا آنجا که به‌رنیم مربوط بود تا آن زمان کشف آن به‌طور قاطع ثابت شده بود، زیرا ۲ میلی‌گرم از آن فلز در سال ۱۹۲۶ از طریق تجزیه بدست آمده بود و یک سال بعد ۱۲۰ میلی‌گرم از آن بدست آمد.

اما در مورد نتایج کار سایر دانشمندان: *F.Loring* از بریتانیا و *I.Druze* ، *J.Geyrowski* و *V.Doleijek* دانشمندان چک هرکدام مستقلا" رنیم را از سنگهای معدنی منگنز کشف کرده بودند که بعدا" معلوم شد این عنصر صاحب واقعی "آپارتمان" ۷۵ است که قبلا" توسط نوداک‌ها کشف شده بود.

رنیم حقیقتا" "ته‌تغاری" بود زیرا آخرین عنصر کشف شده در مواد معدنی طبیعی است. بعد از آن چند خانه دیگر نیز با مستاجرین جدید پر شدند، اما همه آنها عناصری بودند که به‌طور مصنوعی بدست آمده بودند، اولین عنصر در میان آنها *Masurium* یا عنصر شماره ۴۳ بود که به‌وسیله کاشفین ایتالیائی‌اش سگر *Segré* و پریر *Perrier* تکنسیم نامیده شد.

اسم رنیم از نام رودخانه *Rhine* ، واقع در سرزمین نوداکها ریشه گرفته است. توجه کنید که تاکنون هیچ‌یک از عناصر نام خود را از رودخانه‌ای نگرفته‌بودند. تولید تجارتی رنیم در سال‌های ۱۹۳۰ در آلمان در جائی که سنگهای معدنی مولیبدن‌که‌درهرتن به‌اندازه ۱۰۰ گرم رنیم دارند، کشف شده‌بود، شروع گردید. ممکن است شما تصور کنید که‌این‌قطره‌ای‌در اقیانوس است، اما این مقدار برای رنیم یک تمرکز غیرعادی و زیاد به‌حساب می‌آید زیرا حجم این عنصر در پوسته زمین دهها هزار مرتبه کمتر از دیگر عناصر است. درواقع عناصری که حجم آنها در پوسته زمین از رنیم کمتر باشد، نادرند.

اگر ما عناصر را برحسب مقدارشان در طبیعت در یک هرم قرار دهیم، ابتدا عناصری که بسیار گسترده و فراوانند در پایه هرم قرار می‌گیرند (عناصری مثل اکسیژن، سیلیس، آلومینیوم، آهن و کلسیم)، و به‌ترتیب بقیه که کمیاب و کمیابترند در سطوح بالاتر جا می‌گیرند. در این صورت رنیم در نوک هرم قرار می‌گیرد.

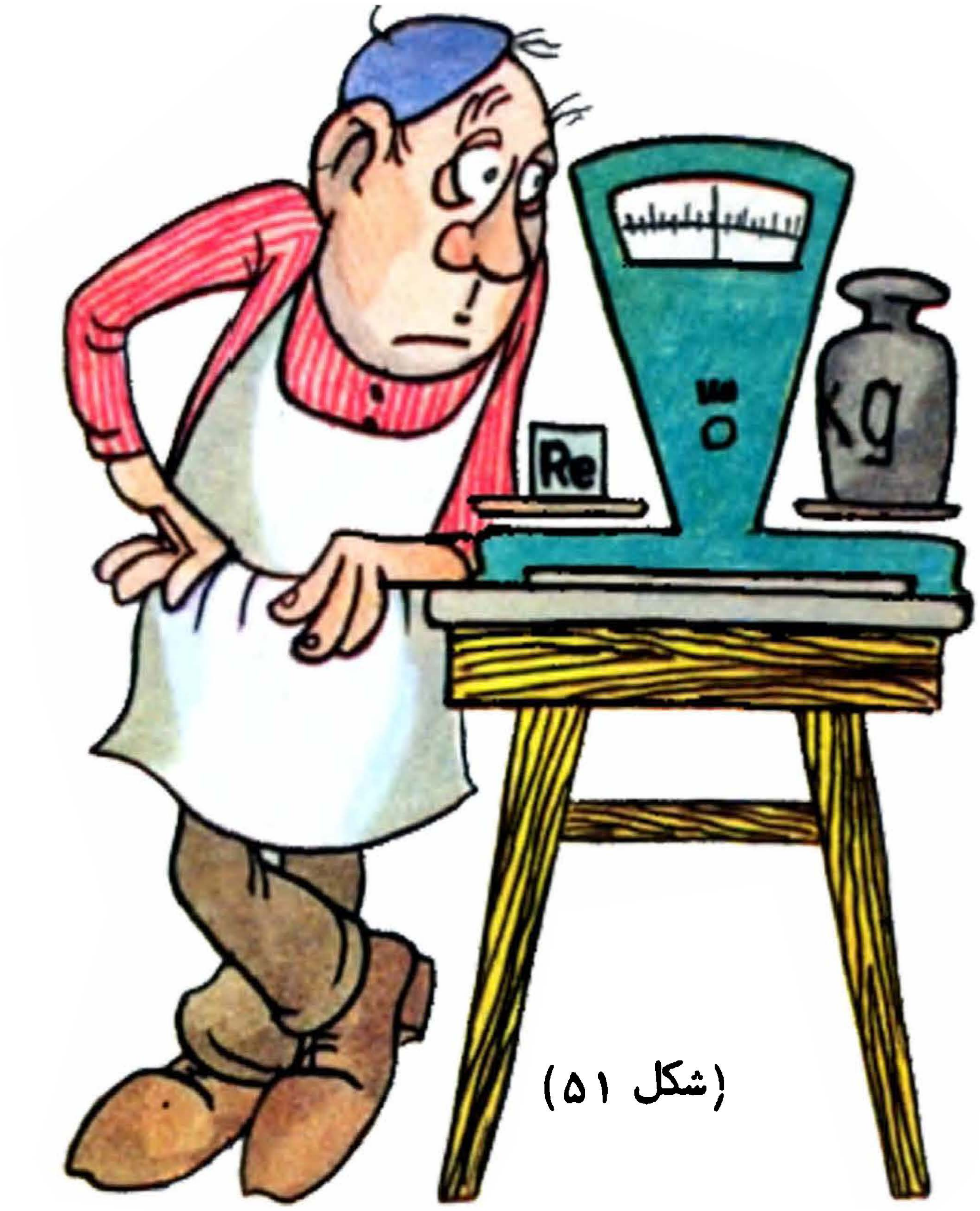
آکادمیسین فرسمان Fersmann معتقد بود که‌رنیم به‌مناطق‌مرکزی کره زمین که نزدیک هسته آن قرار دارند "وابستگی" دارد. این امر ممکن است در آینده، زمانی که دانشمندان موفق به‌رسیدن به‌اعماق زیادی از سیاره ما بشوند، کشف گردد.

در سال ۱۹۳۰ محصول رنیم در تولید جهان سه گرم و هر گرم ۴۰۰۰۰ مارک ارزش داشت. ده سال بعد، در هرحال آلمان به‌تنهائی تقریبا" ۲۰۰ کیلوگرم از این فلز را استخراج کرد.

از آن زمان علاقه به‌رنیم رشد کرده است و این رشد را که در سطوح تمام کشورها بوده شاید بتوان به‌دلیل خواص منحصر به‌فردش خواند. از جمله خواص منحصر به‌فرد‌ش‌اینست که آن یکی از سنگین‌ترین فلزات است. (تقریبا" سه‌مرتبه‌سنگین‌تر از آهن می‌باشد) وزن مخصوص آن فقط کمی پائین‌تر از اسمیم، ایریدیم و پلاتین است. فوق‌العاده دیرگداز است، نقطه ذوب آن $3180^\circ C$ می‌باشد، بعد از تنگستن دومین فلز دیرگداز است. نقطه جوش آن بقدری بالاست که تاکنون تعیین آن به‌درستی و با دقت غیرممکن بوده است و فقط می‌توان گفت که نزدیک به $6000^\circ C$ می‌باشد که تنها تنگستن یک چنین نقطه جوشی دارد. علاوه بر اینهااین فلز مقاومت الکتریکی بالائی دارد.

رنیم از نظر خواص شیمیائی‌اش یک عنصر برجسته و منحصر به فرد است هیچ عنصر دیگری نمی‌تواند مثل آن دارای هشت اکسید باشد (با ظرفیتهای از ۱ تا ۸) ظرفیت آن از یک تا هشت تغییر می‌کند و آنرا تنها عنصر "اکتت" می‌نامند (اکتت یعنی دارای ظرفیت هشت‌گانه). علاوه بر این، رنیم تنها فلزی است که می‌تواند دارای یک ظرفیت منفی باشد.

رنیم در مقابل هوا حتی وقتی که رو باز است محکم‌ومقاوم می‌باشد و جلا و درخشندگی‌اش را دهها سال حفظ می‌کند. و از این لحاظ با طلا



(شکل ۵۱)

و پلاتین و دیگر فلزات اصیل قابل مقایسه است. مقاومت رنیم در مقابل فساد تدریجی بی‌نهایت زیاد است. این فلز از هیچکدام از اسیدهای مهاجم تاثیر نمی‌گیرد از جمله اسیدهای مهاجم (اسید فلوریک، اسید هیدروکلریک، اسیدسولفوریک) هیچکدام تاثیری بر آن ندارند اما اسید نیتریک روی رنیم تاثیر می‌گذارد.

خواص منحصر به‌فرد و ارزشمند رنیم موارد استعمال آنرا در عرصه‌های گوناگون صنعت که مهمترین آنها شرکت آن در وسایل ضد اسید و آلیاژهای دیرگداز می‌باشد توضیح می‌دهد. تکنولوژی قرن بیستم تقاضاهای زیادی برای مواد ساختمانی محکم و ویژه دارد. در بعضی موارد سالها طول می‌کشد تا یک آلیاژ خوب با مشخصات معین و مورد نظر بدست آید.

بهرحال دلایل زیادی وجود دارد که بتوانیم بگوئیم که دانشمندان به‌وسیلهٔ رنیم توانسته‌اند شاهراههای بزرگی در عرصه شیمی بوجود بیاورند. طراحان متالوژی توجه زیادی به‌آلیاژهای دیرگداز تشکیل شده از رنیم با تنگستن و تانتالوم که صفات مکانیکی ارزشمندی دارند و این خواص را در درجه حرارتهای زیادی چون $3000°C$ حفظ می‌کنند، دارند.

یکی از دلایل توجه ویژه محققین و متالوژیستها به‌رنیم، تاثیر آن روی آلیاژهاست. مولبیدن و تنگستن با وجود اینکه دارای نقاط ذوب بالا و توانائی و استحکام زیاد در برابر فشار و زیر بار هستند ولی در شرایط معمولی بسیار ترد و شکننده می‌باشند حتی ممکن است مثل شیشه کاملا" بشکنند. و این امر در هوای ملایم نه‌چندان سرد اتفاق می‌افتد. این انعطاف ناپذیری مولبیدن و تنگستن با افزودن رنیم به آلیاژ از بین می‌رود و برعکس آلیاژی با انعطاف خوب بدست می‌آید که حتی در درجه حرارتهای پائین نیز انعطاف‌پذیری خود را حفظ می‌کنند این پدیده را "تاثیر رنیم" می‌نامند.

اما طبیعت پدیده فوق هنوز برای دانشمندان شناخته نشده است. دانشمندان معتقدند که آن ممکن است به‌رفتار متفاوت این عناصر با هیدروژن مربوط باشد. این امر که ممکن است مولبیدن و تنگستن در پروسه تولیدشان "آلوده" به‌هیدروژن شوند حقیقت دارد و از آنجایی که این فلزات هیدروژن را حل نمی‌کنند بنابراین هیدروژن موجود در سطوح فلز نوارهای نازک کاربید (ترکیب دوتائی با کربن) در امتداد ذرات تشکیل دهنده فلز تشکیل می‌دهد و به‌همین خاطر شکننده می‌شود. اما افزودن رنیم به‌تنگستن و مولبیدن فلز را نرم می‌سازد و شکنندگی آنرا برطرف می‌کند این نیز شاید به‌دلیل جذب هیدروژن توسط‌رنیم باشد. بدین علت ورق یا مفتول ساخته شده از

(شکل ۵۲)

آلیاژهای تنگستن با مولبیدن و رنیم می‌تواند چندین‌بار نازکتر از موی سر انسان باشد.

آلیاژ مولبیدن و رنیم بهترین ماده برای بخیه‌زدن است، چون هم از نظر قطر خیلی نازک می‌باشد (چند ده میکرون) و هم بسیار قوی و محکم است و از این مواد در ساختن طنابهای کشتی و ناوها استفاده می‌شود زیرا هم فوق‌العاده دقیق‌اند و هم محکم. استحکام یک آلیاژ (۵۰ درصد رنیم و ۵۰ درصد مولبیدن) به‌چنان درجه‌ای می‌رسد که یک رشته سیم به‌قطر یک میلی‌متر از آن توانائی تحمل صدها کیلوگرم بار را دارد.

اندکی نیز در مورد موارد استفاده آنها در وسایل برقی و الکتریکی بگوئیم: عصر ما، عصر تکنولوژی است، تجهیزات بیشماری از وسایلی از قبیل سویچها، کنتاکت‌ها، فیوزها و غیره... تشکیل

می‌شوند ، تهیه اختصاصی‌ترین مواد برای ساختن این وسایل همیشه یکی ازمهمترین عرصه‌های تحقیقاتی بوده است .

جرقه‌ای که ما گاهی اوقات هنگام روشن کردن چراغ و یا وسایل کلیدی به‌طور جزئی مشاهده می‌کنیم نباید ساده و بی‌ضرر تلقی گردد . این جرقه دیر یا زود کنتاکت را خراب کرده و منجر به‌قطع برق خواهد شد .

اگر ما فقط اتصالات بیشماری را که کنتاکتها به‌دفعات وصل و قطع می‌کنند حساب کنیم و برحسب آنها به‌قدرت و توان کشش برق آنها بیاندیشیم آنوقت به‌سادگی پی‌خواهیم برد که مرغوبیت و کیفیت آنها در درجه حرارتهای بالا و یا وقتی که در شرایط رطوبی کار می‌کنند چقدر مهم است و پی خواهیم برد که چرا لازم است آنها از عناصر دیرگداز و سخت و نسوز ساخته شوند . دانشمندان هرگز تحقیقات خود را برای یافتن و درست کردن مواد فوق‌العاده دیرگداز و قوی برای یک‌چنین کارهائی متوقف نمی‌کنند . مدتهاست که تنگستن یکی از بهترین مواد برای این منظور می‌باشد . وقتی خواص ویژه رنیم کشف شد روشن‌گردیدکه این فلز حتی بهتر از تنگستن می‌باشد . برای مثال : کنتاکتهای تنگستن تحت جریان نوسان‌دار و یا در شرایط گرمسیری فقط چند روز می‌توانند مقاومت نمایند درحالیکه رنیم در همان شرایط ماهها و حتی سالها مقاومت می‌کند .

آیا تولید رنیم بقدری هست که بتواند نیازهای مهندسی برق را برطرف سازد ؟تجربه نشان می‌دهدکه چنین وسایلی لزوما " نباید از رنیم خالص ساخته شوند ، بلکه همین منظور را می‌توان با افزودن اندکی رنیم به‌تنگستن‌برآورده‌کرد ، به‌علاوه‌چنین آلیاژی‌چندان گران تمام نمی‌شود ، و یک کیلوگرم رنیم برای ساختن آلیاژ دهها هزار کنتاکتور کافی است .

یکی از آلیاژهای تنگستن با رنیم که در اتحاد شوروی تهیه شده

است در بیش از ۵۰ نوع دستگاه الکترونیکی مورد استفاده در خلاء بکار می‌رود. استفاده از این آلیاژ در ساختن کاتدهای لامپهای دستگاههای تولید و جمع‌کننده‌اشعه، عمرکارآنهارا به‌۱۶۰۰۰ ساعت افزایش‌می دهد. بنابراین یک دستگاه تلویزیون با لامپی از آلیاژ رنیم در صورتی که روزی ۴ساعت کار بکند حداقل دوازده سال کار خواهد کرد.

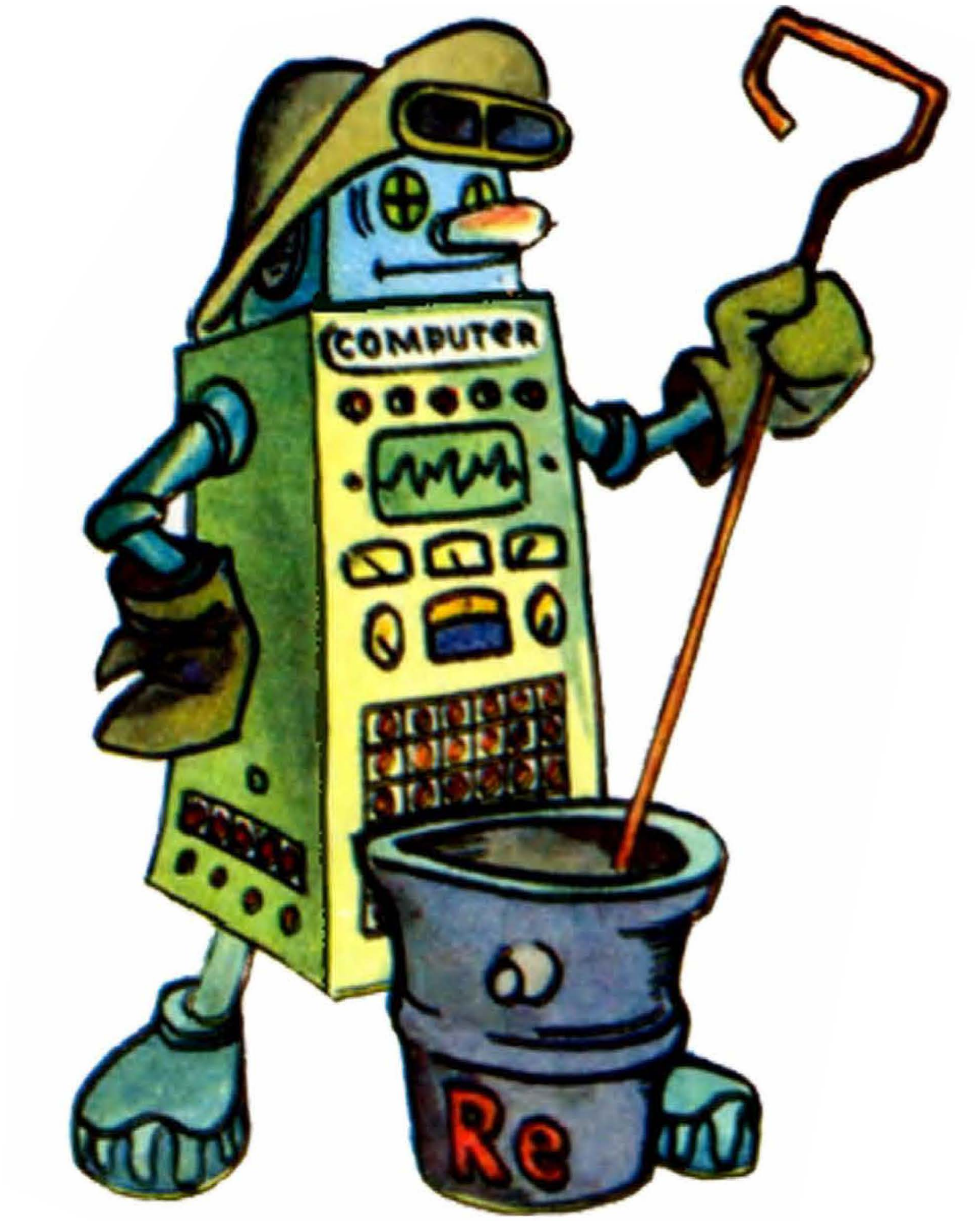
آلیاژهای رنیم با نیوبیم، نیکل، کروم و پالادیم خواص برجسته‌ای پیدا می‌کنند. اگر مقدار کمی رنیم به‌آلیاژ کرم ـ نیکل اضافه گردد، نقطه ذوب آن در حدود ۲۵۰ ـ ۲۰۰ درجه بالا می‌رود.

موارد استعمال رنیم هر روز گسترش می‌یابد. از ترموکوپلهای بی‌نهایت حساس گرفته (این نوع ترموکوپلها در برابر فولاد مذاب با موفقیت مقاومت می‌کنند) تا نوک خودنویس و دیگر وسایلی که اجزا تشکیل دهنده آنها باید روکش مقاوم داشته باشند، از آلیاژهای رنیم ساخته می‌شوند.

تعداد آلیاژهای رنیم با فلزات دیگر پیوسته در حال گسترش است. امروزه دانشمندان از این آلیاژها به‌طور نامحدودی در کامپیوترها استفاده می‌کنند. در هرحال اخیرا " کامپیوترها در مورد رنیم آلیاژهای ارزشمند "دوتائی" را پیش‌بینی می‌کنند.

راههای زیادی برای جلوگیری و مبارزه با فساد تدریجی فلزات وجود دارد، از میان آنها روکش کروم ـ نیکل و آبکاری کردن با روی سالها می‌توانند کار کنند. یکی از پیشرفتهای جدید در این مورد، آبکاری کردن با رنیم می‌باشد. روکش رنیم به‌طور بی‌نظیری فلزات را از تاثیر اسیدها و بازها و آب دریاها و ترکیبات گوگرد و مواد دیگر محافظت می‌کند. تانکرهای‌حمل و نقل مواد اسیدی از جمله اسید هیدرو کلریک با روکشی از رنیم پوشیده می‌گردند.

روکش رنیم دوام فیلمانهای تنگستن لامپهای معمولی و الکترونی



(شکل ۵۳)

را چندین مرتبه افزایش می‌دهد ، تخلیه کامل لامپهای الکتریکی و لامپهای گازی از اکسیژن و بخارات آب غیرممکن است. در چنین حالتی اگر رشته سیم تنگستن با رنیم روکش شده باشد وجود چنین گازهائی برای فیلمان لامپ نمی‌تواند ضرری داشته باشد ، و هزینه صرف شده برای اینکار نیز زیاد سنگین نیست . فقط یک گرم رنیم برای پوشاندن صدها متر از فیلمانهای تنگستن کافی است .

مورد استفاده و کاربرد بسیار مهم و تقریبا" جدید رنیم نقش کاتالیزری آن است . رنیم فلزی و بسیاری از ترکیبات و آلیاژهای آن از جمله اکسیدها و سولفیدهای آن کاتالیزورهای خوبی هستند که در اکسیداسیون آمونیاک و متان ، در تولید اتان از اتیلن و آلدئیدها

(*Aldehydes*) و کتـن‌ها *Ketones* از الکل و نیز در تجزیه و ترقیق نفت به‌خوبی و با ظرافت عمل می‌کنند. رنیم پودری توانائی خوبی برای جذب گازهای اکسیژن و هیدروژن و سایر گازها دارد و از اینرو بسیار خوش‌آتیه خواهد بود. بنا به‌برآورد متخصصین در چند سال آینده نیمی از رنیم تولیدی جهان‌برای مقاصد کاتالیزوری استفاده خواهد شد.

بنابراین روشن است که رنیم دچار بحران "بیکاری" نخواهد بود. اما کمیابی فوق‌العاده آن و پراکندگی آن در طبیعت‌موانع بزرگی در راه گسترش استفاده از رنیم هستند. پوسته زمین دارای ذخایر رنیم به مقدار پنج برابر کمتر از طلا، صد مرتبه کمتر از نقره، هزار برابر کمتر از تنگستن، تقریبا" یک میلیون بار کمتر از منگنز و پنجاه میلیون بار کمتر از آهن می‌باشد. هیچگونه ذخیره‌ای از رنیم کشف نشده است به‌جز یک ماده معدنی که عملا" در قزاقستان شوروی در نزدیکی شهـر *Jezkazgan* پیدا شده است. ماده معدنی *Jezkazgan* عملا" می‌تواند به‌عنوان یک مادهٔ معدنی رنیم به‌حساب آید این ماده معمولا" با مولبیدن (بیش از ۱/۸۸ درصد)، کلمبیت، پیریت و بعضی از مواد معدنی دیگرمخلوط است‌که‌دارای چند میلی‌گرم یاچندگرم رنیم درهرتن می‌باشد. بنابراین تعجب‌آور است که نوداکها توانسته بودند از ۶۰۰ کیلوگرم سنگ مولبیدن نروژی یک گرم رنیم خالص بدست آورند. متخصصین عقیده دارند که "پس‌انداز" رنیم در تمام مواد معدنی کشورهای سرمایه‌داری فقط به‌هزار تن بالغ می‌شود.

به‌طور آشکار و واضح رنیم بسیار گران‌تر از طلا است و هر روز تقاضا برای آن افزایش می‌یابد. به‌خصوص در چند سال اخیر که طراحان سفینه‌های فضائی توجه بیشتری به‌آن کرده‌اند.

تا این اواخر در اتحاد شوروی رنیم را از سنگ معدنهای مس و

مولبیدن استخراج می‌کردند تا اینکه در اواخر سالهای ۱۹۷۰ کارگران انستیتو متالوژی و سنگ‌شناسی آکادمی علوم قزاقستان شوروی یک شیوه جدید استخراج رنیم از محصول فرعی سرب را آمادهٔ بهره‌برداری کردند که این شیوه براساس مبادله یونها قرار دارد و فلز بسیار خالصی را بدست می‌دهد.

در سال ۱۹۶۰ اتفاق مهمی در انستیتو متالوژی آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی در بایکف روی داد، این اتفاق بازدید آیدا و والتر نوداک از این انستیتو بود. این امر حقیقتی است که مهمانان خارجی می‌بایست از یک انستیتوی معروف و شناخته شده که روی فلزی که نوداکها کشف کرده بودند کار و مطالعه می‌کرد بازدید می‌کردند و این چیزی غیر طبیعی نیست، اما یک بازدید توسط نوداکها (کاشفین رنیم) یقیناً" فرصت و موقعیت ویژه‌ای بود. این فقط کنجکاوی این دانشمندان نبود که آنها را به‌آنجا کشاند. کارمندان آزمایشگاه عناصر کمیاب و فلزات دیرگداز تحت مدیریت ساویتسکی (Ye.M.Savitsky) عضو مشاور آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی به مطالعه و بررسی و تحقیقات ویژه‌ای در روی رنیم پرداخته بودندکه‌چندین‌سال بعد نتایج بسیار مهمی بدست داد و آینده‌ای روشن برای این فلز به ارمغان آورد.

فصل چهاردهم

اسمیـــــــــم

(توهین به‌فلزات اصیل)

Os

"تریفیلی" یا "واراخاسی" .ــ
احساس جریحه‌دار . ــ تحقیق ادامه دارد . ــ
بوی کلر و تربچه . ــ یک نژاد اصیل . ــ سه قهرمان . ــ
هرکدام در جای درست خود . ــ سختی و استحکام قابل تحسین . ــ
برتری بی‌شبهه . ــ قیمتش چقدر است؟ ــ راز همیشگی بودن . ــ
دو تفکیک‌ناپذیر . ــ یک شغل بامسئولیت . ــ
ارزش زحمت . ــ تقاضای زیاد . ــ هفت برادر . ــ
کالاهای انحصاری . ــ سم ! ــ در یک لیوان آب . ــ
رهائی از سرگردانی . ــ مشکلات استخدام . ــ فلز محبوس .

داستانمان را درباره اسمیم با نقل قولی از یکی از بهترین داستانهای گوگول نویسندهٔ کلاسیک روس به‌نام "اُورکت" آغاز می‌کنیم : "اگر درست به‌خاطر داشته باشم ، آکاکی آکاگیئوویچ (Akaki- Akakiyevich) در شب بیست و سوم مارس . . . به‌دنیا آمد . به مادرش پیشنهاد شد که یکی از سه اسم موکی (Mokkiy) ، سوسی (Sossiy) و یا اینکه خوزدازت (Khozdazat) را برای نوزادش انتخاب کند . اما او گفت که این اسامی عجیب و غریب هستند . برای

---

۱) اسمیم ــ عنصریست فلزی با وزن اتمی ۱۹۰/۲ و عدد اتمی ۷۶ ، فلز سخت و سفید رنگیست از گروه پلاتین . وزن مخصوص آن ۲۲/۵ و نقطه ذوبش $3000^{\circ}C$ می‌باشد . م

رضایت وی صفحهٔ دیگری از تقویم اسامی برایش آورده شد، ولی بازهم به‌نظر او اسامی غیرعادی و ناشناخته بودند. وی اسامی تریفیلی (*Trifilli*)، دولا (*Dula*) وواراخاسی (*Varakhassi*) را نیز نپسندید و آنها را عجیب و غریب خواند و گفت خدای من چه دردسر بزرگی، چه اسامی عجیبی! من این اسامی را اصلاً" نشنیده‌ام. خلاصه صفحات دیگری از تقویم اسامی ورق زده شد و مادر با دیدن اسامی پاوسی کاکی (*Pavsikaki*) و واخاسی (*Vakhassi*) گفت اجازه بدهید کودکم را به‌اسم پدرش صدا کنم. بنابراین نامش را آکاکی گذاشتند."

لازم به‌یادآوری است که اسمیتسون تنانت (*Smithsons Tennant*) شیمیدان انگلیسی وقت زیادی صرف انتخاب نام اسمیم ۱ برای یکی از دو عنصری که در سال ۱۸۰۴ کشف نموده بود، کرد. بدیهی است اسمیم نیز مانند قهرمان داستان گوگول در انتخاب نامش بدشانس بود: کلمهٔ

(شکل ۵۴)

یونانی که اسمیم نامش را از آن گرفته به‌معنی "بدبو" است و نام آکاکی نیز در زبان روسی تقریبا" به‌همان معنی می‌باشد.

حتما" شما هم موافقید که یک چنین اسمی توهین به‌فلزات اصیل است. اسمیم نیز از گروه پلاتین، گروه فلزات اصیل می‌باشد. این توهین بیش از آنچه که برای خود اسمیم رنج‌آور است برای اسامی زیبای نزدیکترین خویشاوندانش: (پالادیم به‌افتخار قصر آتن، ایریدیم از کلمهٔ یونانی قوس و قزح، رودیم از نام یک گل سرخ، روتنیم نام لاتین روسیه) زجر آور بود.

اما قبل از اینکه به‌دلایل اسمیتسون تنانت در انتخاب چنین اسم "زننده‌ای" برای "فرزندش" بپردازیم اجازه بدهید وقایعی را که قبل از کشف اسمیم روی داده بود مرور کنیم.

در سال ۱۸۰۴ شیمیدان معروف انگلیسی، ویلیام ولاستون که مصمم بود جهان علم‌را از سردرگمی بازدارد، (برای جزئیات بیشتر به فصل پالادیم مراجعه کنید) طی گزارشی به‌جلسهٔ انجمن سلطنتی اعلام داشت که فلزات تاکنون ناشناختهٔ رودیم و پالادیم را در پلاتین خام کشف کرده است. وی هر دوی این عناصر را در قسمتی از پلاتین که در تیزاب سلطانی حل شده بود، پیدا کرد. آنها به‌صورت رسوبات حل نشدنی باقی مانده بودند و بقدری شگفت‌آور بودند که شیمیدانها را مثل آهنربا به‌خود جذب کردند و آنها به‌درستی حدس زده بودند که رسوبات باقی‌مانده‌دارای‌عناصرناشناخته‌ای‌می‌باشند.

نظریه دانشمندان فرانسوی Fourcroy، Descotels و Vauquelin از همه‌نظریات‌دیگر بیشتر قرین به‌صحت بود.آنهامتوجه شدندکه‌وقتی‌که‌پلاتین‌خام درتیزاب‌سلطانی حل‌می‌شود دودسیاهی‌متصاعد می‌کند و رسوبات باقی‌مانده در مقابل این مهاجم مقاومت کرده و در آن حل نمی‌شوند. این رسوبات در ترکیب با هیدروکسید پتاسیم قابل حل

می‌باشند. آنها حتی عجله کرده و نام " Pten " (از کلمه یونانـــــی Petron) را بر این رسوب نهادند.

اما عمر این نام کوتاه بود. بزودی تنانت توانست ثابت کند که آن عنصر جدیدی نیست بلکه ترکیبی از دو جزء است. وی یکی از اجزاء آنرا به‌علت رنگهای روشن نمکهایش ایریدیم و دیگری را به‌سبب اینکه وقتی که در اسید یا آب حل می‌شد محصول این ترکیب که اسمیریدیم نامیده می‌شود با قلیاها (بازها)، تتروکسید اسمیم آزاد می‌کرد که بوی بسیار نامطبوعی مانند کلر و یا ترب داشت، اسمیم نامید. بعداً" معلوم شد که خود فلز نیز دارای چنین بوئی می‌باشد. این موضوع وقتی اتفاق افتاد که اوسمیم خرد شده در مقابل هوا رو باز گذاشته شد و بتدریج اکسیده شده به تتروکسید "خوشبو!" تبدیل شد.

اوسمیم فلزیست به‌رنگ سفید مایل به‌خاکستری و از نژاد فلزات اصیل که "به‌خود می‌بالد". اگر شما نظری اجمالی به‌جدول تناوبی بیاندازید آنگاه درخواهید یافت که "خانوادهٔ پلاتین" در گوشهٔ راست جدول ساکن هستند. این خانواده شامل دو دسته‌اند: دستهٔ اول رتنیم، رودیم و پالادیم که فلزات سبک گروه پلاتین می‌باشند هرکدام ۵۰ درصد سنگین‌تر از آهن هستند. دسته دوم شامل قهرمانان سنگین‌وزنی چون اسمیم، ایریدیم و پلاتین می‌باشند. شگفت اینکه مدتها دانشمندان فکرمی‌کردندکه‌آنهابرحسب‌ازدیاد وزن‌اتمی‌بایدبدین ترتیب قرار گیرند: پلاتین، ایریدیم، اسمیم. اما وقتی که مندلیف روی جدول خود کار می‌کرد مجبور بود صحت و سقم وزن اتمی بسیاری از عناصر را تعیین کند و حتی گاهی می‌بایست آنهارا تصحیح می‌کرد. از آنجائی که کارهای مورد بحث بسیار زیاد بود وی به‌تنهائی نمی‌توانست از عهدهٔ آنها برآید و درنتیجه از شیمیدانان دیگر کمک می‌گرفت. یکی از دانشمندانی که جهت همکاری به‌وی معرفی شده بود لرمـــونتوا

(Yu.V.Lermontova) از خویشاوندان شاعر معروف روسی میخائیل لرمانتوف بود. مندلیف از وی خواست که صحت و سقم اوزان اتمی عناصر اسمیم، ایریدیم و پلاتین را که خودش در صحت آنها شک داشت تعیین کند. مندلیف معتقد بود که اسمیم کمترین وزن اتمی و پلاتین بیشترین وزن اتمی را در بین این دسته دارا می‌باشند. لرمانتوا که شیمیدان قابل و با صلاحیتی بود یک سری آزمایشات دقیق و کامل انجام داد و نظریهٔ مندلیف را تایید کرد و بدین ترتیب هرکدام از این عناصر در جای واقعی خود قرار گرفتند.

اوسمیم رکورددار وزن مخصوص در گروه پلاتین می‌باشد. وزن مخصوص آن $۲۲/۵\ g\ /\ cm^۳$ است. برای موازنه و برابری با یک وزن اسمیم ۴۰ وزن لیتیم لازم است. یک بطری معمولی پر از پودر اسمیم سنگین‌تر از یک سطل آب می‌باشد.

(شکل ۵۵)

اسمیم به‌خاطر غیرعادی بودن وزن مخصوصش عملاً هیچ‌گونه کاربردی ندارد. برخلاف اینکه بالا بودن نقطه ذوب، سختی، استحکام و دیگر خواصی از این قبیل جزو صفات مشخصهٔ ارزشمند فلزات می‌باشند، بالا بودن وزن مخصوص نه‌تنها مزیتی برای یک فلز نیست بلکه یک مانع است. این اصل در مورد مردم نیز صادق است: اکثر مردم افراد قوی و نیرومند را تحسین می‌کنند ولی آنها هرگز افرادی را که جثهٔ بزرگ و غیرعادی دارند تحسین نمی‌کنند.

بهرحال برای اسمیم کارهای معینی وجود دارد. اما در بین فلزات اصیل این عنصر گرانبهاترین آنهاست. اسمیم خرد شده حتی در درجه حرارت اتاق نیز نمی‌تواند در مقابل اکسیداسیون مقاومت کند در صورتی که خویشاوندان آن در مقابل اکسیداسیون فوق‌العاده پایدار بوده و به‌خاصیت ثبات شیمیائی‌شان مشهور می‌باشند. معهذا در سال ۱۹۶۶ قیمت پلاتین در بازار جهانی ۴/۳ بار بیشتر از قیمت طلا و ارزش ایریدیم ۵/۳ برابر بیش از ارزش طلا و قیمت اسمیم ۷/۵ مرتبه بیشتر از قیمت طلا بود. گناه این امر به‌گردن طبیعت است که باعث یک چنین اختلاف قیمتی شده است. طبیعت نه‌تنها هیچ ذخیره‌ای از این عنصر بوجود نیاورده است، بلکه به‌خوبی توانسته است اثرات و نشانه‌های این فلز را پنهان نماید (موجودی آن در پوستهٔ زمین ۵×۱۰^{-۶} است). به‌علت مقدار بسیار ناچیز این عنصر در طبیعت، جدا کردن آن هزینهٔ فوق‌العاده زیادی را می‌طلبد. در حالیکه تولید جهانی اکثر فلزات با هزاران و حتی میلیونها تن اندازه‌گیری می‌شود، محصول اسمیم جهان با کیلوگرم مقیاس می‌شود.

یکی از نقاط مثبت اسمیم سختی آن می‌باشد. فقط تعداد کمی از فلزات می‌توانند در این مورد با آن رقابت کنند. همین خصوصیت باعث شده که اسمیم در ساختن آلیاژهائی که بیشترین مقاومت را در

برابر فرسودگی و خورندگی از خود نشان می‌دهند، بکار روند. اگر میزان فرسایش نوک قلم را در طول کیلومترها راهی که در روی کاغذ طی می‌کند حساب کنیم آنوقت پی می‌بریم که چرا نوک بعضی از قلمهای با کیفیت از آلیاژ اسمیم ـ طلا و یا اسمیم ـ ایریدیم ساخته می‌شوند. اغلب این قلمها به‌نوک طلائی معروفند ولی طلا به‌خودی خود فلزی است نرم و چنین آلیاژی را برای اینکار می‌طلبد. حتی اگر کاغذها نرم باشند فقط چند فلز وجود دارند که می‌توانند یک چنین فشاری را تحمل کنند. اسمیم در ترکیب با خانوادهٔ پلاتین آلیاژهای مقاوم و سختی را بوجود می‌آورند. اغراق نخواهد بود اگر بگوئیم که یک نوک خودنویس مسلح به اسمیم همیشگی است.

سختی و استحکام فوق‌العادهٔ اسمیریدیم و همچنین مقاومت استثنائی آن در مقابل فرسایش و زنگ‌زدگی و خورندگی و نیز فقدان خاصیت مغناطیسی، به‌این آلیاژ امکان می‌دهد که به‌عنوان یک مادهٔ عالی در ساختن سوزنهای مغناطیسی و سایر وسایل و ابزارآلات از جمله ماشینهای هیزم‌بری و تیغه و چرخهای آنها و حتی وسایل جراحی و برنده‌های دیگری که در کنده‌کاری و دکوراسیون بکار می‌روند مورد استفاده قرار می‌گیرد. آنها حتی می‌توانند عاج را نیز ببرند.

درطبیعت، اسمیم و ایریدیم آلیاژی می‌سازند که خیلی استوار و محکم می‌باشد ولی هیچوقت این ذو عنصر در طبیعت به‌صورت یک قطعه فلز یافت نمی‌شوند. اما اسمیک ایریدیم یا ایریدیک اسمیم به‌عنوان مواد معدنی کاملا" شناخته شده‌ای هستند. (به‌ترتیب به نامهای *Nevyanskite* و *Sysertskite*) اولی بیشتر شامل ایریدیم است و دومی بیشتر با اسمیم معروف می‌باشد.

بعضی اوقات این مواد معدنی به‌طور طبیعی بدست می‌آیند ولی بیشتر اوقات شامل پلاتین هستند. تجزیه و تصفیهٔ آنها خیلی پیچیده و

چند مرحله‌ای است. تفکیک و تجزیهٔ اسمیم از ایریدیم خیلی دشوار است و پرخرج‌ترین مرحله خواهد بود. بیشتر اوقات انجام این مرحله لازم نیست. این آلیاژ به‌همان شکل موجودش در صنعت بکار برده می‌شود و کم‌خرج‌تر از اسمیم خالص تمام می‌شود. تجزیهٔ فلز خالص از آلیاژ فوق مستلزم چندین عمل پیچیدهٔ شیمیائی است که فقط یکایک شمردن آنها تمام صفحات این کتاب را اشغال خواهد کرد. آخرین محصول این زنجیر تکنولوژیکی طویل اسمیم ۹۹/۹ درصد خالص است.

علاوه بر سختی و استحکام، یکی دیگر از خواص و ویژگیهای خوب اسمیم دیرگدازی آن می‌باشد. نقطه ذوب این فلز در حدود ۳۰۰۰ درجه سانتی‌گراد است. اسمیم از این نظر در صدر خانوادهٔ پلاتینی خود ونیز بیشتر فلزات دیگر می‌باشد. اسمیم به‌سبب دیرگداز بودنش صفحه‌ای از بیوگرافی لامپهای الکترونی را به‌خود اختصاص داده است. در زمانهائی که روشنائی برق هنوز می‌بایست برتری و مزیت خود را بر منابع روشنائی گاز ثابت می‌کرد، دانشمند آلمانی، K.Auer von Welsbach پیشنهاد کرد که فیلمان اسمیم به‌جای کربن در لامپهای نئون بکار برده شود. بعد از آن لامپها خیلی مقرون صرفه شدند و در ضمن روشنائی یکنواخت و خوشایند ایجاد می‌کردند، اما طولی نکشید که این کار مهم از اسمیم گرفته شد. در اولین مرحله تانتالم که فراوان‌تر بود جایگزین اسمیم شد و سپس تنگستن که دیرگدازترین فلز بود. این همان فلزی است که درحال حاضر نیزاین وظیفه را در لامپها به‌عهده دارد.

سرنوشت مشابهی در عرصهٔ دیگری از موارد استفادهٔ اسمیم در انتظار بود: تولید آمونیاک. ساختن این ترکیب که در سال ۱۹۰۸ توسط شیمیدان معروف آلمانی به‌نام Haber (هابر) پیشنهاد شد بدون وجود کاتالیزورها غیرممکن است. اولین کاتالیزورهائی که در این عمل بکار رفتند تنها تحت درجه حرارتهای بالای ۷۰۰°C کار می‌کردند و به‌علاوه

چندان موثر نبودند . تلاش برای یافتن کاتالیزوری که جایگزین آنها شود مدتها بی‌نتیجه ماند. جواب این مشکل توسط دانشمندان یک دانشگاه صنعتی در شهر *Karlssruhe* (آلمان‌غربی) داده شد. آنها نقش کاتالیزوری را به‌عهدهٔ اسمیم که به‌خوبی خرد می‌شود گذاشتند. (باید توجه داشته باشیم که اسمیم با وجود اینکه بسیار محکم است، خیلی شکننده می‌باشد و به‌آسانی می‌توان آنرا خرد کرد) . آزمایشاتی درسطوح صنعتی نشان داد که این روش، روشی است با ارزش: درجه حرارت این آزمایشات تا $100°C$ پائین آورده شد و تولید آمونیاک به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالا رفت.

علیرغم این حقیقت که بعدها اسمیم از این زمینه نیز برکنار شد، اما بدرستی می‌توان گفت که این فلز نقطهٔ عطفی در حل مسئلهٔ تولید آمونیاک به‌شمار می‌رود. اسمیم امروزه نیز به‌عنوان کاتالیزور به‌خصوص در هیدروژنه کردن مواد آلی بکار می‌رود و نتایج خیلی خوبی بدست می‌دهد. به‌همین دلیل است که این فلز در جرگهٔ شیمیدانان مورد تقاضای زیاد واقع می‌شود. ناگفته نماند که شیمی بیش از نیمی از تولیدات اسمیم جهان را به‌خود اختصاص داده است.

برای تحقیقات علمی، اسمیم فلزی است بسیار جالب توجه و جذاب. اسمیم طبیعی دارای هفت‌ایزوتوپ پایدار با وزنهای اتمی ۱۸۴، ۱۸۶ الی ۱۹۰ و ۱۹۲ می‌باشد. این حقیقت عجیبی است که هرقدر وزن اتمی یک ایزوتوپ کمتر باشد آن ایزوتوپ در طبیعت کمتر یافت می‌شود. به‌همین دلیل سهم سنگین‌ترین ایزوتوپ (اسمیم ـ ۱۹۲) ۴۱ درصد از کل اسمیم کشف شده در طبیعت است، در حالی که سهم سبک‌ترین این هفت برادر (اسمیم ـ ۱۸۴) فقط ۰/۰۱۸ درصد می‌باشد. چون ایزوتوپها فقط در وزن اتمی‌شان متفاوت هستند جدا کردن آنها از یکدیگر بی‌نهایت مشکل است و به‌همین دلیل است که حتی قیمت مقادیر

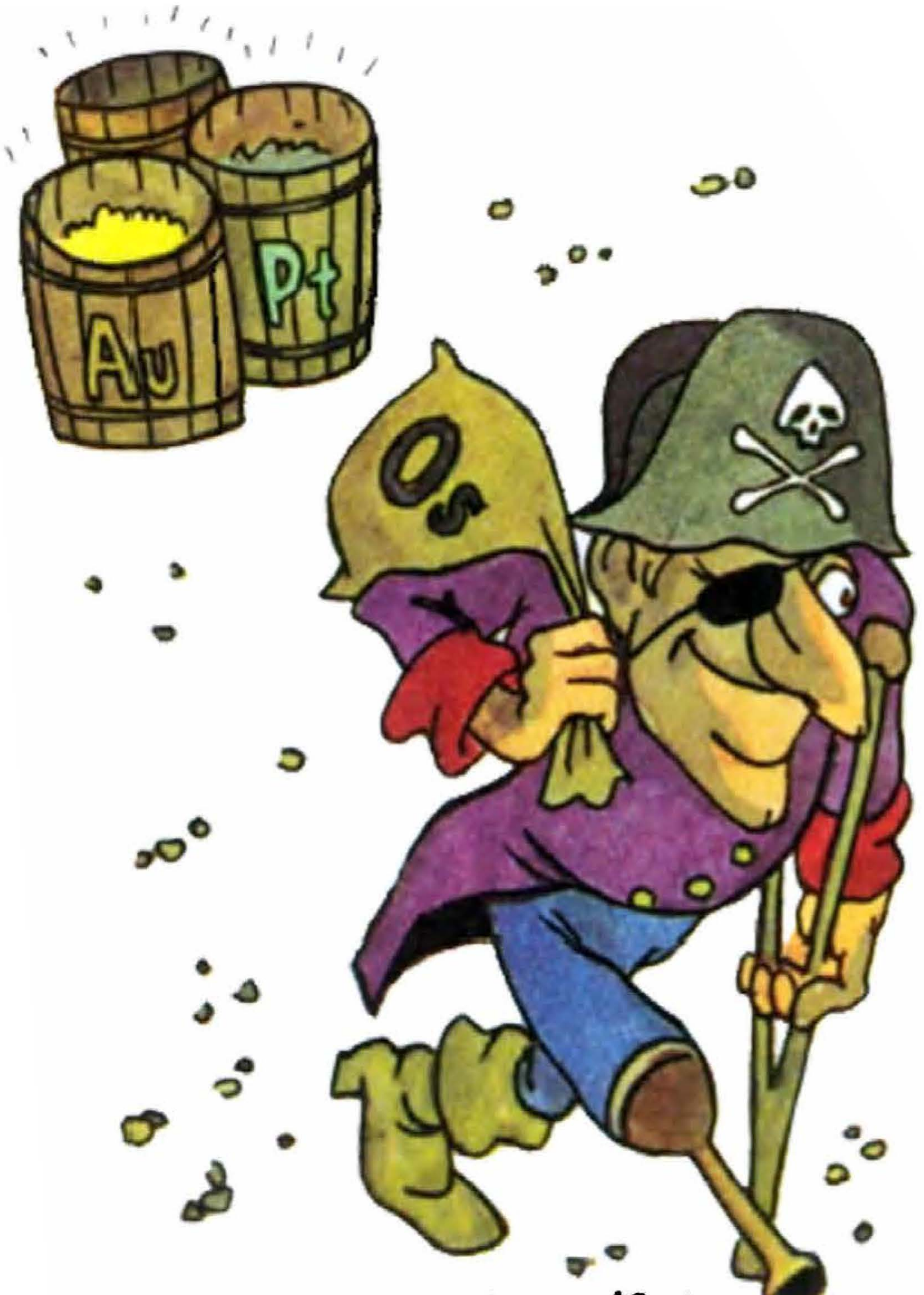
بی‌اندازه خرد و کم بعضی از ایزوتوپها سرسام‌آور است. به‌عنوان مثال قیمت یک کیلوگرم اسمیم ۱۸۷ در بازار جهانی بالغ بر ۱۴٫۰۰۰٫۰۰۰ دلار می‌باشد.

اخیرا" دانشمندان طرز جدا ساختن ایزوتوپها را با استفاده از اشعهٔ لیزر کشف نموده‌اند و امید می‌رود که بزودی قیمت این کالای بسیار گران کاهش چشمگیری یابد.

اسمیم نیز مانند دیگر فلزات گروه پلاتین می‌تواند ظرفیتهای مختلف داشته باشد. این عنصر اغلب در ترکیبات بدست می‌آید و در این حالت ظرفیت آن ۴ تا ۶ است ولی وقتی که با اکسیژن ترکیب می‌شود معمولا" از تمام هشت ظرفیت خود استفاده میکند. از بین ترکیبات اسمیم، تتروکسید آن (ماده‌ای که اسم اسمیم از آن گرفته شده) از نظر تجارتی اهمیت زیادی دارد. این ترکیب در تولید بعضی از داروها نقش کاتالیزور را ایفاء می‌کند. همچنین به‌عنوان یک مادهٔ رنگی در آزمایشات میکروسکوپی بافتهای حیوانات و گیاهان بکارمی ـ رود. باید کاملا" در نظر داشت که بلورهای زرد کم‌رنگ تتروکسید اسمیم یک سم قوی بوده و روی پوست، مخاط شامه و چشم اثر می ـ گذارند.

یکی از خواص ویژهٔ تتروکسید اسمیم اینست که قابلیت حل آن در مایعات آلی خیلی بیشتر از آب است. در شرایط معمولی فقط ۱۴ گرم از این ماده می‌تواند در یک لیوان آب حل شود، در حالیکه یک لیوان تترا کلرور کربن ۷۰۰ گرم اسمیم را در خود حل می‌کند.

پودر اسمیم در یک محیط دارای بخار سولفوریک مانند کبریت با شعلهٔ نامنظمی می‌سوزد و تشکیل سولفید می‌دهد. فلوئور "همه‌چیز ـ خوار" در درجه حرارت اتاق هیچگونه اثری روی اسمیم‌ندارد، اما در درجه حرارت ۳۰۰ ـ ۲۵۰ درجه سانتیگراد تعدادی‌فلورور تشکیل می‌ـ



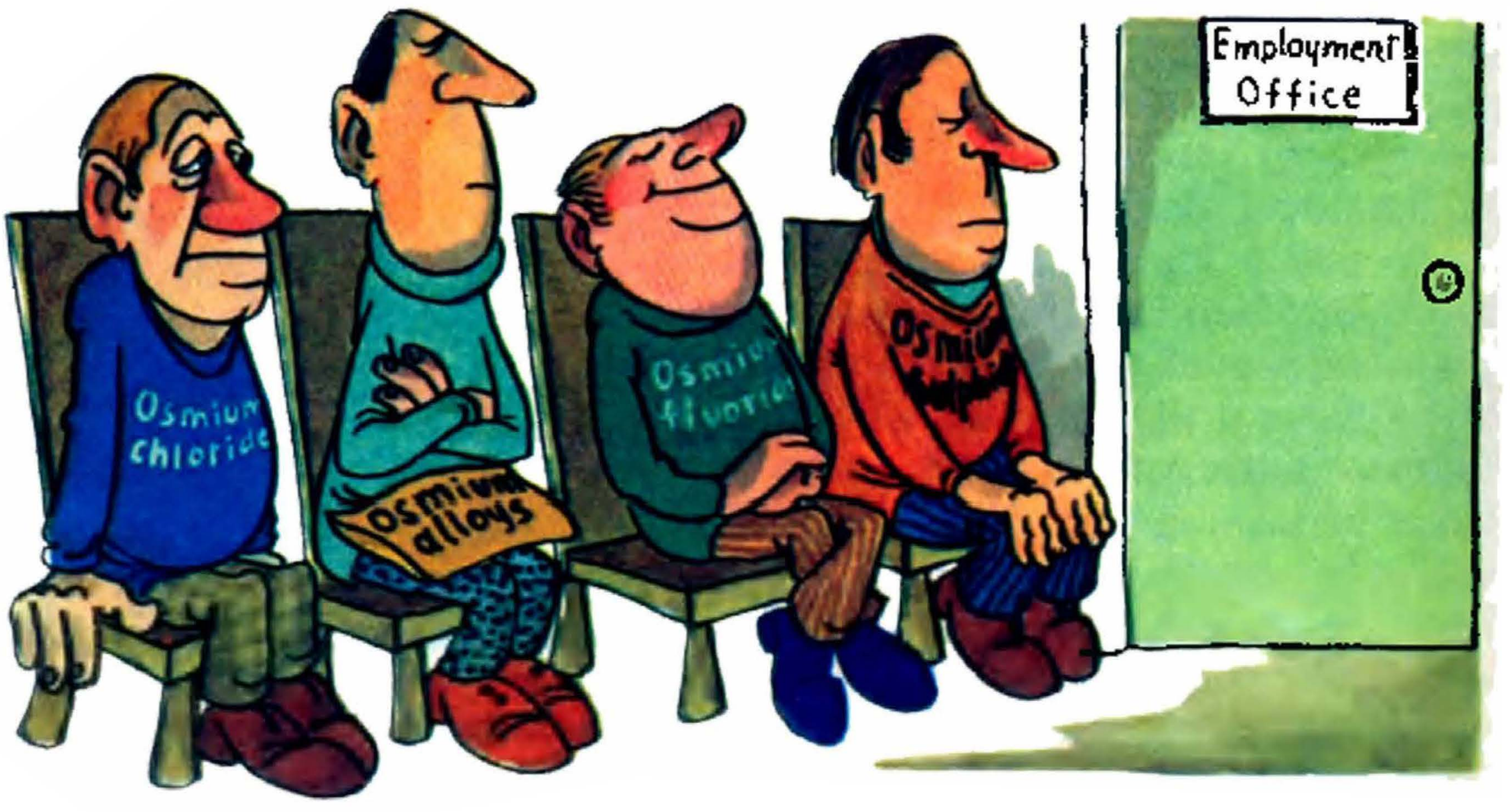
(شکل ۵۶)

شود. چون دو نوع فلورور اسمیم که در سال ۱۹۱۳ کشف شدند فرار بودند عقیدهٔ عمومی بر این بود که فرمول شیمیائی آنها $O\ SF_6$ و $O\ SF_8$ می‌باشد، اما در سال ۱۹۵۸ دانشمندان کشف کردند که فلورور $O\ SF_8$ در شیمی هیچگاه وجود نداشته (در حقیقت فلوروهای کشف شده در سال ۱۹۱۳ $O\ SF_5$ و $O\ SF_6$ بوده‌اند. اخیرا" فلورور دیگری به‌نام فلورور $O\ SF_7$ تولید شده است که وقتی که گرم شده و گرمای آن به‌بیش از $100°C$ برسد تجزیه شده و به فلورور $O\ SF_6$ و فلورواولیه تبدیل می‌گردد.

اکسید اسمیم مادهٔ رنگی سیاهی است که برای طرحها و نقشه‌های روی ظروف چینی از آن استفاده می‌شود. بهرحال اکثر ترکیبات اسمیم، از جمله ترکیبات مختلف پیچیدهٔ آن (اسمیم مانند سایر فلزات گروه

پلاتین برای ساختن ترکیبات پیچیده بسیار خوب و مناسب می‌باشد) و نیز آلیاژهای آن (به‌استثناء اسمیریدیم که درباره‌ٔ آن شرح دادیم و چند آلیاژ با فلزات دیگر گروه پلاتین و نیز با تنگستن و کبالت) هنوز منتظر شغلهای مناسب می‌باشند. ولی با اطمینان خاطر می‌توان گفت که مسئله‌ٔ "استخدام!" و بکارگیری آنها بزودی حل خواهد شد و آنها استعدادهای پنهانی خود را آشکار خواهند ساخت.

در عین حال مهندسین و محققین به‌دنبال راههای موثر اقتصادی برای افزایش تولید این فلز گرانبها و با ارزش می‌باشند و کوشش می‌کنند که منابع جدیدی از استخراج آنرا پیدا کنند. نتایج مهم بدست آمده در Zavenyagin ، عملیات استخراج فلزات بدون آهن در Norilsk (شمالی‌ترین نقطه‌ٔ شوروی) را کامل کرد. مهندسین متالوژی در آنجا مدت زمانی است به‌این امر آگاهند که‌سنگ‌های معدنی مس ــ نیکل که توسط کشتی‌ها به‌مراکز کار آنها حمل می‌گردد محتوی



(شکل ۵۷)

فلزات گروه پلاتین که اسمیم نیزجزوآنهاست‌می‌باشند . اما چون مقدار اسمیم موجود در این سنگ‌های معدنی بسیار جزئی و ناچیز بود از آن صرفنظر نموده و توجه اصلی خود را به‌استخراج نیکل و مس معطوف داشتند .

چندین سال پیش کارکنان مرکز تحقیقاتی *Norilsk* سعی کردند که اسمیم را همراه بامس و نیکل از سنگ‌معدن خارج کنند . این یک کار بسیار دشوار بود. برای اینکار می‌بایست می‌دانستند که در مراحل مختلف کار با سنگ معدن چه بر سر اسمیم می‌آید . به‌منظور کشف مناطق غنی و مشخص نمودن مرحله‌ای که اسمیم از دست می‌رود کارهائی انجام گرفت . برای اینکار لازم بود که آزمایشهای متعدد پیچیده‌ای در هریک از مراحل تولید انجام شود . وقتی که این مسئله حل شد ، می‌بایست تکنیکی ابداع شده و تاسیسات صنعتی مورد لزوم طرح و ساخته می‌شد تا بتوانند اسمیم را از گازهای بالای کوره جمع‌آوری کنند . دانشمندان و مهندسین در *Norilsk* بر تمام مشکلات پیروز شدند و توانستند اسمیم تغلیظ شده را برای مصارف مختلف تولید بدست آورند و این عنصر طبقه‌بندی کالاهای تولید شده را کامل کرد .

اسمیم تغلیظ شده با کشتی از *Norilsk* به‌سرزمین اصلی فرستاده می‌شود و در آنجا اسمیم خالص که یکی از کمیاب‌ترین فلزات است جدا شده و بدست می‌آید .

فصل پانزدهم

ایـــــریـــدیـــم

(تمام رنگهای رنگین کمان)

۱۳

به‌دنبال حمله به‌باستیل. ـ وضعیت غیرقابل تحمل. ـ گزارش کار. ـ سنجش زمان. ـ کمک به‌قلب. ـ یک نژاد اصیل. ـ از عهده‌اش برنمی‌آید. ـ یک روکش ایریدیم. ـ نمکهای قوس قزحی. ـ پس‌مانده ضرابخانه. ـ به‌افتخار روسیه. ـ خبرهای بد. ـ "من به‌اندازه کافی از آن رنج برده‌ام". تبریکات گرم. ـ ایریدیم در آخر بدست می‌آید. ـ در داخل پل چه اتفاقی در شرف وقوع است. ـ نگاه کردن به‌داخل کوره. ـ خوشبخت اما سیزدهمین. ـ ایریدیم به‌تاریخ وارد شد.

در چهاردهم جولای سال ۱۷۸۹ مردم شورشی پاریس به‌زندان باستیل هجوم بردند و این شروع انقلاب فرانسه بود. هم‌زمان با تغییر سیاسی، اجتماعی و اقتصادی، دولت انقلابی تصمیم به‌معرفی سیستم متریک وزنی و طولی گرفت. یک کمیتهٔ آکادمی فرانسه متر را به‌عنوان یک واحد طول برابر با یک ده میلیونیم ربع نصف‌النهار پاریس پیشنهاد کرد. این پیشنهاد تحقیقات وسیع بارسلونا دان‌کریک ارک (Barcelona Dunkrikarc) را به‌همراه داشت که به‌مدت پنج سال تحت نظر جی. بی. دلامبر (J.B.Delambre) و پی. اف. مکین (P.F.Mechain) که هردو از ستاره‌شناسان و ریاضی‌دانان برجستهٔ فرانسوی بودند، ادامه داشت.

در سال ۱۷۹۷ این تحقیقات کامل شد و دو سال بعد اولین

استاندارد متر شناخته شد. این استاندارد یک میلهٔ پلاتینی بود که به‌نام "متر آرشیوی" شناخته شد و تحت نگهداری مخصوص قرار گرفت. جرم یک دسیمتر مکعب آب از رودخانهٔ "سن" در چهار درجه سانتیگراد به‌عنوان واحد وزن برابر با یک کیلوگرم قرار داده شده و مورد قبول واقع شد. کیلوگرم به‌عنوان استاندارد وزن از پلاتین استوانه‌ای شکلی ساخته شد.

با گذشت سالها مشاهده گردید که مبنای طبیعی این واحدها که نصف‌النهار پاریس و آب رودخانهٔ سن بود مبنای خیلی مورد اعتمادی نبوده و علاوه بر این به‌هیچوجه مقادیر ثابتی نبود. این‌مسئله نمی‌توانست برای مدت طولانی مورد قبول دانشمندان قرار گیرد.

در سال ۱۸۷۲ کمیته بین‌المللی اوزان و مقادیر مبنای طبیعی واحد را کنار گذاشت و برپایهٔ "مترآرشیوی" سی‌ویک‌نمونه متراستاندارد ساخته شد. اینها نیز میله‌هائی بودند اما مواد آنها پلاتین خالص نبود بلکه آلیاژی از این فلز با ده درصد ایریدیم[1] بود. هفده سال بعد همین مسئله در موردآب رودخانه سن مطرح گردید. وزن ساخته شده از همان آلیاژ پلاتین ایریدیم به‌عنوان مبنای کیلوگرم جانشین وزن قبلی گردید و ۴۰ نمونهٔ مشابه ساخته شده ازآن استاندارد بین‌المللی کیلوگرم گردید.

دلایل خوبی برای انتخاب ایریدیم به‌عنوان یک جزء تشکیل دهندهٔ آلیاژی که استانداردها ازآن ساخته شدند وجود داشت. قدرت

---

۱) ایریدیم ـ عنصریست فلزی با وزن اتمی ۱۹۲/۲۲ و عدد اتمی ۷۷، غیرقابل حل در اسیدهاست. این فلز به‌رنگ سفید نقره‌ایست. وزن مخصوص آن ۲۲/۴ و نقطهٔ ذوبش $2443°C$ است. م

و استحکام ، قابلیت دیرگداز بودن ، مقاومت در برابر خورندگی و زنگ‌زدگی و در نهایت تاثیر ناپذیری در مقابل تغییرات درجه حرارت جوی از جمله مواردی هستند که فلز مورد استفاده جهت مصرف فوق باید دارا باشد. پلاتین خالص نمی‌تواند این منظور را برآورده سازد ، اما آلیاژ آن با ایریدیوم توانسته است این وظیفهٔ دشوار را به‌مدت یک قرن عهده‌دار شود . این حقیقتی است که "متر آرشیوی" در سال ۱۹۶۰ جای خود را به طول موجی برابر ۱۶۵۰۷۶۳/۷۳ از نور نارنجی که از ایزوتوپ کریپتون ۸۶ خارج و منتشر شدداده است ،اما کیلوگرم اصلی جهان هنوز معتبر می‌باشد .

خدمات مترولوژی تنها مورد برای استفادهٔ از آلیاژهای پلاتین ـ ایریدیم نیستند . از این آلیاژها برای ساختن بوته‌های نسوز که می ـ توانند به‌راحتی حرارت زیاد را تحمل کنند استفاده می‌شود ، این بوته‌ها جهت ساختن بلورهای مورد لزوم دستگاههای لیزر مورد استفاده قرار می‌گیرند . آنها همچنین مورد علاقه جواهرسازان هستند. فهرست مختصری از عرصه‌های کاربرد این آلیاژها چنین است : ابزار آلات شیمیائی ، وسایل دارای دقت و ظرافت زیاد ،الکتریکی وسایل جراحی ، فنرها ، لوازم آزمایشگاه و دیگر لوازم

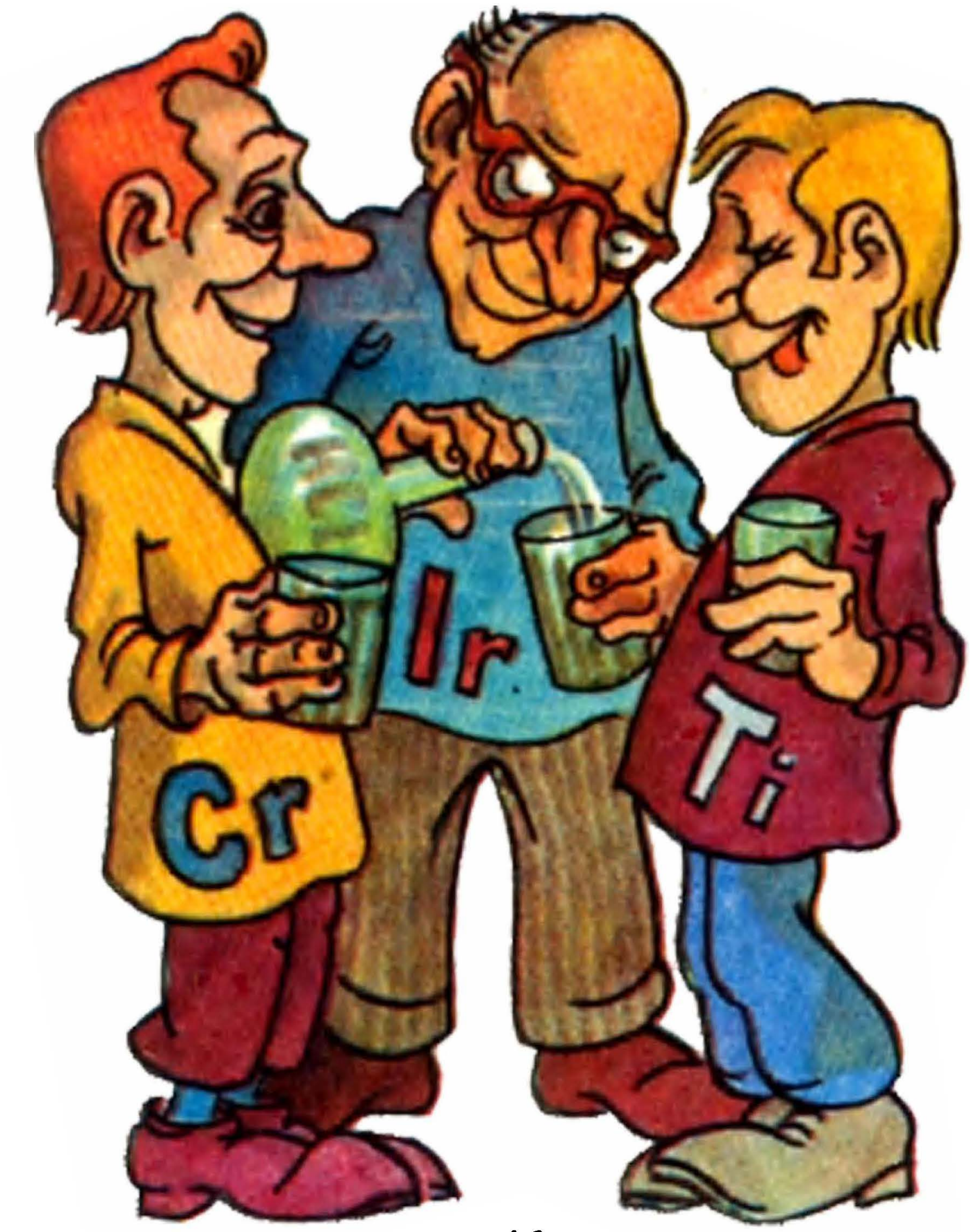
چندین سال پیش آلیاژهای پلاتین ـ ایریدیم جهت ترمینالهای باطری پیس میکر (دستگاه تنظیم کنندهٔ قلب) الکتریکی کار گذاشته شده در قلب‌بیمار استفاده گردید . الکترودهای دستگاه وارد قلب بیمار شده و به یک دریافت کنندهٔ کوچک که آنهم در بدن بیمار است وصل می‌شود و یک ژنراتور با یک آنتن حلقه‌ای هوائی بر روی بدن بیمار یا در جیب بیمار در نزدیکی گیرنده قرار می‌گیرد . در لحظه‌ای که علائم نارسائی قلبی ظاهر می‌شود بیمار ژنراتور را روشن می‌کند . تحریکات ژنراتور به آنتن و سپس به‌گیرنده میرسد و از آنجا به الکترودها و سپس

ترمینالهای پلاتین ـ ایریدیم و از آنجا به‌اعصاب جهت تحریک فعالیت قلب می‌رسد.

آلیاژهای ایریدم با دیگر فلزات نیز شامل خواص با ارزش دیگری می‌باشد. آلیاژ طبیعی اسمیم ـ ایریدیم که اسمیریدیم نامیده می‌شود موارد استفادهٔ فراوانی دارد. اضافه کردن مقدار کمی ایریدیم به‌تنگستن و مولبیدن باعث ایجاد مقاومت زیاد آنها در درجه حرارتهای بالا می‌شود. با وجود ضد اسید بودن تیتانیم وکروم ،اضافه‌کردن ایریدیم به‌این فلزات آنها را به‌طور چشمگیری در مقابل اسید مقاوم می‌سازد.

خواننده نباید تصور کند که ایریدیم فقط به‌صورت آلیاژ مورد استفادهٔ زیاد دارد بلکه به‌صورت خالص نیز مفید می‌باشد. علاوه بر این واقعیت که این فلز سفید نقره‌ای رنگ زیبا به‌نظر می‌رسد، دارای خواص فیزیکی عالی از جمله استحکام و مقاومت زیاد در برابر درجه حرارتهای بالا، فرسایش و دیگر خطرات می‌باشد. یکی از خواص برجستهٔ آن زیاد بودن وزن مخصوص آن است ($۲۲/۴\ g/cm^3$) که فقط از وزن مخصوص نزدیکترین همسایه‌اش در جدول تناوبی یعنی از اسمیم کمتر است. ایریدیم نیز همانند دیگر فلزات گروه پلاتین به‌دسته فلزات اصیل تعلق دارد بنابراین هیچ اسیدی در درجه حرارت معمولی یا بالا بر آن اثر ندارد. حتی تیزآب سلطانی که یکی از فعالترین و مخرب‌ترین محلولهاست کمترین اثری بر روی آن ندارد. تنها مواد موثر بر روی آن پراکسید سدیم و مواد قلیائی مذاب است.

یکی از بزرگترین امتیازات ایریدیم قابلیت نگهداری خواص با ارزش به‌طور دائم بدون توجه به‌تغییرات محیط می‌باشد و اگر به‌خاطر قیمت گرانش نبود (این عنصر خیلی گرانتر از پلاتین است) می‌بایست در بسیاری از عرصه‌های علم و تکنولوژی بکار رود. اما در شرایط فعلی



(شکل ۵۸)

استفاده از آن فقط محدود به‌مواقعی و جاهائی است که عملا " اجتناب ـ ناپذیر باشد. به‌عنوان مثال در بوته‌های آزمایشگاهی. ایریدیم ماده‌ایست که بوته‌های آزمایشگاه از آن ساخته می‌شوند. به‌علاوه برای آزمایشات با فلوئور و ترکیبات آن که دارای خاصیت خورندگی بوده و مخرب می‌باشند بکار می‌رود. ایریدیم در ساختن شیشه‌های نسوز استفاده می‌شود. آلیاژهای آن با روتنیم یا رودیم جهت ساختن ترموکوپلهای مورد استفاده برای اندازه‌گیری درجه حرارتهای بالا (۲۳۰۰°c – ۲۰۰۰) بکار می‌رود. تا به‌حال این نوع ترموکوپلها به‌دلیل قیمت گرانشان فقط جهت هدفهای تحقیقاتی بکار رفته است. یکی از بهترین موارد استفادهٔ ایریدیم کاربرد آن به‌عنوان یک پوشش بی‌نهایت قوی و سخت می‌باشد. این پوششها همانند روکشهای پلاتین

یا پالادیم و یا رودیم در مقیاس وسیعی بکار نمی‌رود و این شاید به دلیل مشکلات فنی مرحلهٔ رسوب دادن ایریدیم روی فلزات شرکت‌کننده در این روند باشد. ایریدیم را می‌توان به‌صورت الکترولیتی از محلول مذاب سیانیدهای پتاسیم و سدیم در $600°c$ بر روی فلز منتقل کرد. روش دیگر آب‌فلزکاری بسیار آسانتر است. در این روش یک لایهٔ نازک ایریدیم بر روی فلز دیگر قرار گرفته و با انجام پرس‌گرم، روکش به‌طور محکم به‌فلز پایه می‌چسبد. همین روش برای ساختن سیمهای ایریدیمی بکار می‌رود: یک میله تنگستن یا مولبیدن را داخـل یک لولهٔ توخالی ایریدیم نموده و به‌وسیلهٔ گرم کردن و کشیدن، یک سیم دو فلزه به‌ضخامت لازم ساخته می‌شود که از آن برای ساختن شبکهٔ کنترل لامپ الکترونی استفاده می‌گردد.

یک روش شیمیائی دیگر برای روکش کردن فلزات با ایریدیم وجود دارد. این طریقه شامل اندودن سطح فلز با محلولی از نمک ایریدیم و فِنُل یا بعضی از ترکیبات آلی دیگر می‌باشد. سپس سطح مزبور را در شرایط کنترل شده بالای $400°c$ – ۳۵۰ حرارت داده که باعث تبخیر مواد آلی و باقی‌ماندن لایهٔ ایریدیم بر روی ماده می‌شود. در صنعت شیمی از ایریدیم به‌صورت آلیاژ یا به‌شکل خالص استفاده می‌گردد: کاتالیزورهای آلیاژ ایریدیم ـ نیکل در تولید پروپیلن از استیلن و متان شرکت می‌کنند و کاتالیزورهای پلاتین محتوی مقداری ایریدیم باعث تسریع تشکیل اکسیدهای نیتریک که یکی از مراحل تولید اسید نیتریک است، می‌باشد.

رنگهای بی‌نهایت زیبای نمکهای رنگ روشن ایریدیم اگرچه چشمگیر بوده است اما به‌جز دادن این اسم به‌این‌عنصر، مورد استفادهٔ عملی پیدا نکرده است. یادآوری می‌شود که در سال ۱۸۰۴ اسمیتسون تنانت (Smithson Tennant) در پس‌ماندهٔ سیاه پلاتینی که در

تیزآب سلطانی حل شده بود دو عنصر جدید پیدا کرد. از آنجائی که یکی از آنها نمکهائی از تمام رنگهای رنگین کمان تشکیل داد، این دانشمند دربارهٔ اسم‌گذاری آن فکر زیادی نکرد. وی اسم ایریدیم را از ریشهٔ یونانی این کلمه یعنی *Irioeides* به‌معنی *Iridescent* انتخاب کرد.

سرگذشتهای فلزات گروه پلاتین آنچنان با هم در رابطه بوده و بهم پیچیده است که نمی‌توان دربارهٔ یکی از آنها بدون توجه به‌دیگران صحبت کرد. در سال ۱۸۴۰ پروفسور دانشگاه غازان روسیه به‌نام کارل کلاز (*Karl Klaus*) در مورد سنگ معدن پلاتین موجود در کوههای اورال اظهار تمایل نمود. بنا به‌تقاضای وی نمونه‌هائی از رسوبات پلاتینی از سن پترزبورگ برایش فرستاده شد. این رسوبات غیر محلول از تاثیر تیزآب سلطانی بر پلاتین خام بدست آمده بودند. به‌گفتهٔ این دانشمند وی در شروع کارش از مقدار آن مواد با ارزش که در این رسوبات وجود داشت متعجب شد: علاوه بر ۱۰ درصد پلاتین، وی توانست مقدار قابل ملاحظه‌ای ایریدیم، رودیم، اسمیم، پالادیم و مخلوطی از فلزات بدست آورد.

در ابتدای کار، *Klaus* فقط به‌دنبال بدست آوردن پلاتین از پس مانده‌های پلاتین بود ولی بزودی برای مدت دو سال تمام غرق در تحقیقات اساسی دیگر شد. به‌گفتهٔ وی از صبح تا شب درگیر این مسئله بوده، در آزمایشگاه زندگی میکرده، در آنجا غذا و چای می‌خورده و با سماجت تمام در پی حل این مسئله بوده است. بنا به‌گفتهٔ شیمیدان برجستهٔ روسی الکساندر بوتلرُاف (*Alexander Butlerov*)، شاگرد کلاز، معلم وی عادت داشت که سنگ معدنهای پلاتین را در تیزآب سلطانی با پنج انگشت خود هم زده و غلظت اسید را چشیده و در مقابل آن هیچ‌گونه واکنشی‌نشان ندهد. درحقیقت بسیاری از شیمیدانان در

مدارس قدیمی هر مادهٔ بدست آمده‌ای را می‌چشیدند و تا اواسط قرن نوزدهم خواص مواد شیمیائی می‌بایست از نظر مزه نیز توضیح داده می‌شد و این یک ریسک خطرناک بود. شیمیدان مشهور سوئدی به‌نام کارل اسکله (Karl Scheele) در اثر چشیدن اسید هیدروسیانیک در گذشت.

(شکل ۵۹)

کار Klaus با موفقیت توام بود. او راهی برای در جریان عمل قراردادن رسوبات پیدا کرد. حالا وی می‌بایست به‌سن‌پترزبورگ می‌رفت تا گزارش نتایج کارش را به‌وزیر دارائی که به‌این مسئله علاقمند بود بدهد. او جهت این مسافرت نود روبل از دوستش قرض کرد و اگرچه وی تقریبا" شهرت جهانی داشت ولی تا چند سال نمی‌توانست این قرض را پس بدهد. Klaus با ورود به‌پایتخت روسیه توانست دو روز با وزیر ملاقات کرده وقول گرفتن ۵/۰ پوند پس‌ماندهٔ پلاتین وربع پوند پلاتین خام

را جهت ارائه تحقیقاتش از وی بگیرد.

(شکل ۶۰)

کـلاز در بازگشت به‌غازان یکبار دیگر مشغول تحقیقات شد و چند سال بعد توانست موفقیت درخشانی کسب کند. یکی از مهمترین نتایج این تحقیقات کشف عنصر ناشناخته‌ای در سـال ۱۸۴۴ بود که این عنصر عضو "روسی" خانوادهٔ پلاتین است. Klaus نوشت: "در خلال اولین آزمایشاتم متوجه وجود یک مادهٔ جدید شدم ولی ابتدا موفق به جدا کردن آن از محلول نشدم. من بیش از یکسال روی این مسئله کار کردم تا بالاخره توانستم راه آسان و قابل اطمینانی برای تولید خالص آن پیدا کنم. این فلز جدید که من نام آنرا روتنیم به‌افتخار سرزمینمان

گذاشتم (از اسم لاتین روسیه) ، بدون شک متعلق به‌مواد خیلی سودمند بود . "

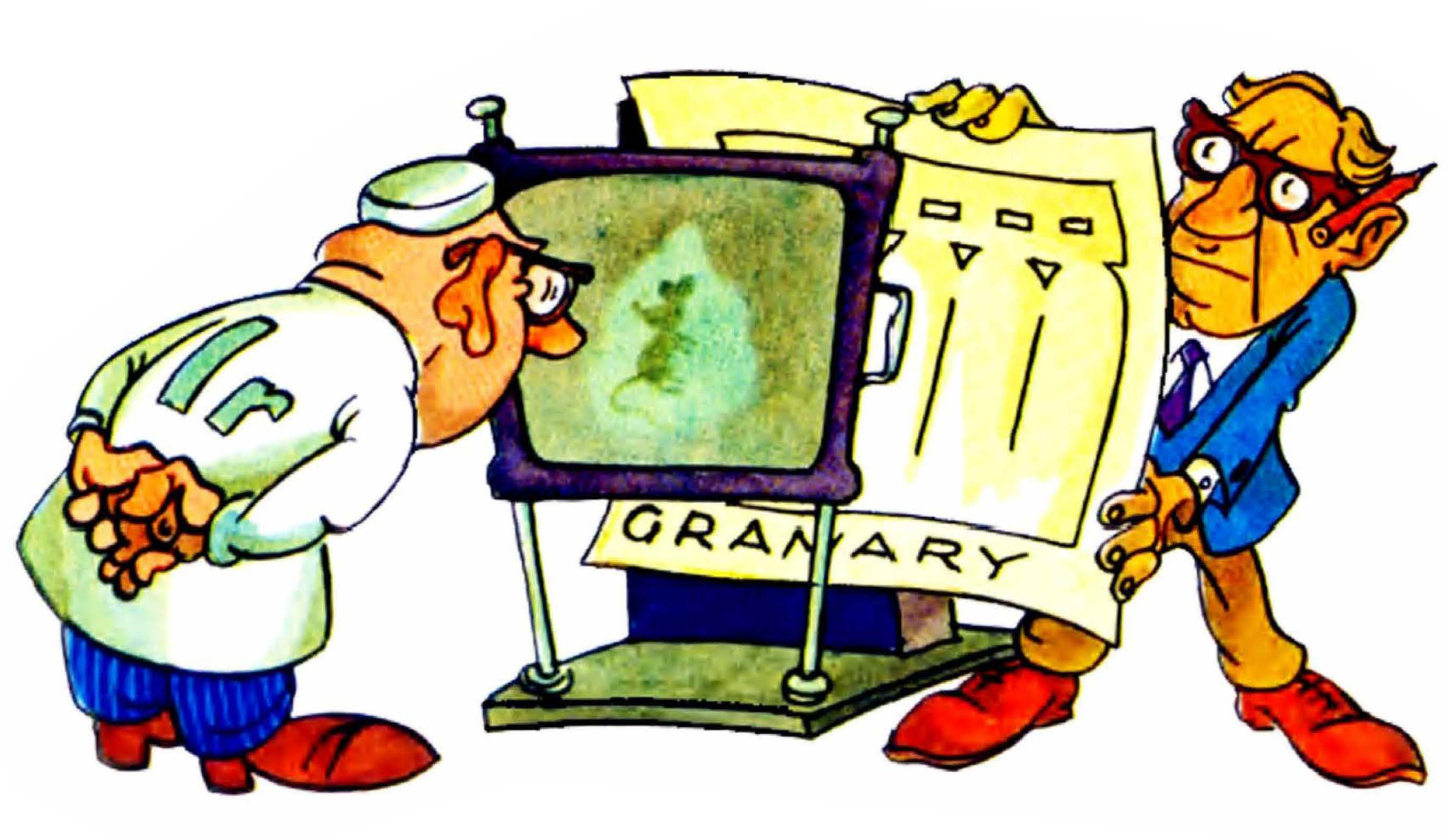
اگرچه کشف *Klaus* فورا" مورد قبول واقع نشده و تایید نگردید ، او اولین نمونه‌های بعضی از ترکیبات عنصر جدید را برای بزرلیوس در استکهلم که از احترام خاصی در نزد تمام شیمیدانها برخوردار بود ، فرستاد . ما فقط می‌توانیم ناامیدی *Klaus* را وقتی که او متوجه شد که آن دانشمند معروف بر این باور که نمونهٔ فرستاده شده از طرف وی محتوی عنصر جدیدی نبوده بلکه یک ترکیب ناخالص ایریدیم می‌باشد ، تصور کنیم . *Klaus* با اطمینان به‌کار خود آزمایشهای متعددی را یکی پس از دیگری انجام داد و گاهی حتی ابتدائی‌ترین احتیاطات لازم را به‌عمل می‌آورد . چندسال بعد *Klaus* به‌همکاران خود اخطار کرد : "وقتی که با اسمیک ایریدیم کارمی‌کنید باید مواظب گازهای اسید اسمیک باشید . این مادهٔ فرار یکی از خطرناکترین مواد می‌باشد که در درجهٔ اول روی ریه‌ها و چشمها اثر گذاشته و باعث تورم شدید می‌گردد . من به‌اندازهٔ کافی از آن رنج برده‌ام " . اشتیاق *Klaus* جهت متقاعد کردن جامعهٔ علمی در مورد کشف عنصر جدید آنقدر شدید بود که بالاخره موفق شد . وی ترکیبات روتنیم را یکبار دیگر برای بزرلیوس فرستاد و وی با آزمایشات خیلی دقیق متوجه شد که اشتباه کرده بود . وی به *Klaus* نوشت : "خواهشمندم تبریکات صمیمانهٔ مرا در مورد کشف درخشان خود بپذیرید . به‌خاطر این کشف نام شما برای همیشه در تاریخ شیمی حک خواهد شد . "

Klaus کارهای خود را در گزارشی به‌نام "بررسی و مطالعهٔ شیمیائی رسوبات سنگ معدن پلاتین اورالو فلز روتنیم" در سال ۱۸۴۵ انتشار داد . این بررسی قبل از همه شامل اطلاعات راجع به‌ایریدیم بود که بنا به‌گفتهٔ خود او بیشترین وقت را روی این فلز نسبت به‌بقیه فلزات

گروه پلاتین صرف‌نموده بود. توصیه‌ها و نظریه‌های وی پایه و اساس گسترش تولید ایریدیم و دیگر شبه‌پلاتینها شد. در حال حاضر ایریدیم خالص از اسمیریدیم و رسوبات سنگ معدنهای پلاتین به‌وسیلهٔ تاثیر معرفهای مختلف روی آنها استخراج می‌شود. نخست پلاتین، اسمیم، پالادیم و روتنیم تجزیه و جدا می‌شوند و بعد نوبت به‌ایریدیم می‌رسد. پودر حاصله فشرده و سپس ذوب می‌گردد. این عمل در کورهٔ برقی در محیط گاز آرگون صورت می‌گیرد. ایریدیم در درجه حرارتهای معمولی بسیار شکننده است و نمی‌توان با آن هیچ کاری انجام داد، اما وقتی که گرم می‌شود می‌توان آنرا کوبیده و شکل داد.

ایریدیم بسیار کمیاب است: منابع طبیعی آن بیشتر از چند میلیونیم یک درصد نیست. جمع تولید سالیانه این عنصر در تمام کشورها بیش از یک تن نیست. بهرحال این حقیقت علاقهٔ دانشمندان را به‌این عنصر کاهش نمی‌دهد. عرصه‌های رو به‌توسعه‌ای جهت کاربرد ایزوتوپهای رادیواکتیو ایریدیم کشف شده است. مدتی نه‌چندان پیش محققین مرکز تحقیقات اتمی *Quadarash* واقع در فرانسه یک گاماترون (دستگاه عیب‌یاب) برای کنترل پلها، سدها و دیگر بناهای بتون‌آرمه طراحی کردند: در اثر اشعهٔ گاما که توسط ایزوتوپ ایریدیم ـ ۱۹۲ ساطع می‌شود یک صفحهٔ شیشه‌ای که با مواد حساس به‌نور پوشیده شده است تصویری واضح از "داخل" قطعات و دستگاههای مورد کنترل نشان می‌دهد. به‌وسیلهٔ این عیب‌یابها مرغوبیت قطعات و جوشها چک می‌شود. عکس مزبور تمام حفره‌ها و نقاط ضعیف جوش و همچنین داخل شدن اجرام خارجی را نشان می‌دهد. در کوره‌های انفجاری محفظه‌های کوچک محتوی ایزوتوپ ایریدیم ـ ۱۹۲ سطح بار کوره را کنترل می‌کند. از آنجائی که درصدی از تشعشات گاما توسط بار داخل کوره جذب می‌شود به‌دقت می‌توان فاصلهٔ تشعشعات گاما در درون بار و در

نتیجه سطح آنرا محاسبه کرد .



(شکل ۶۱)

چند نکته دیگر در مورد ایزوتوپهای ایریدیم : علاوه بر ایریدیم ـ ۱۹۲ که از آن نام بردیم چهارده نوع ایزوتوپ رادیو اکتیو دیگر با وزنهای اتمی ۱۸۲ ـ ۱۹۸ وجود دارد . سنگین‌ترین آنها کوتاهترین عمر را دارد و نیم عمر آن کمتر از یک دقیقه می‌باشد . در ایریدیم ـ ۱۸۳ این زمان دقیقا" یک ساعت است . فقط دو ایزوتوپ ایریدیم ـ ۱۹۱ و ایریدیم ـ ۱۹۳ پایدارند . درصد اتمهای سنگینترین آنها در مخلوط طبیعی ایزوتوپی چیزی در حدود ۶۲ درصد می‌باشد .

کشف خاصیت ماوس باور (Mössbauer) که مبنای اندازه ـ گیریهای بسیار دقیق از مقادیر بسیار کم و پدیده‌های کم‌دوام می‌باشد در ارتباط با یک ایزوتوپ ایریدیم بود . از این خاصیت به‌طور گسترده‌ای در فیزیک ، شیمی ، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی استفاده می‌شود .

از نظر تاریخ، خاصیت *Mössbauer* به‌وسیلهٔ آزمایشهائی با دهها عنصر ثابت شده است، اما تاریخ علم همواره کشف این پدیدهٔ مهم فیزیکی را در ارتباط با ایریدیم می‌داند.

فصل شانزدهم

تــــالیـــــــم
(نـهال در حال جوانه زدن)

Tl

جوینده یابنده است . ـ "دریافتم ، دریافتم" .ـ
یک یافته در گرد و خاک . ـ وقتی‌که برگهای تازه در حال جوانه‌زدن
هستند . ـ کشفی دوباره . ـ شیمی و احضار روح . ـ به‌افتخار ابن‌سینا .ـ
برگ‌بو برای پلاتینوس . ـ بلای جانوران درنده . ـ مشاهده در
تاریکی . ـ سنگهای گرانبها . ـ تشعشع بلورها . ـ کاتالیزور خوب . ـ
اما یک پیشامد . ـ آگاتا کریستی یک بیماری را تشخیص می‌دهد . ـ
تفکیک تفکیک‌ناپذیر . ـ تالیم در نیمه‌هادی‌ها . چراغهای یک شهر
بزرگ . ـ همراه با فلزات دیگر . ـ یک سهم ارزشمند . ـ
درجات زیر صفر . ـ در خدمت صنعت . ـ سبک‌ترین
ایزوتوپ . ـ ستاره دریائی و ریشه‌های چغندر . ـ
تالیم هنوز گفتنی‌ها دارد .

به‌گفتهٔ آهنگ محبوب روسی "جوینده یابنده است". آیا این حقیقت دارد یا خیر، یک چیز مشخص است : در طول تاریخ همیشه مردم در جستجوی چیزی بوده‌اند، بعضی به‌دنبال گنج، بعضی‌ها به‌دنبال ماجراجوئی و برخی به‌دنبال راهی به‌سوی ناشناخته‌ها هستند. آنها پیوسته چیزهائی به‌دست آوردند. دانشمند بزرگ ارشمیدس راه حل برجستهٔ این مسئله را که نسبت طلا به‌نقرهٔ موجود در تاج هیرون (*Hieron*) ، پادشاه سیراکوس چقدر است هنگامی کشف کرد که در وان حمام دراز کشیده بود وی بدون توجه به‌اطرافیان خود بدون لباس در حالیکه فریاد می‌زد : "یافتم" به‌خیابان دوید اگرچه رهگذران فکر کردند

که وی دیوانه شده است .

گاهی اوقات اتفاق می‌افتاد که کسی هنگام جستجوی گنج به‌ذراتی از سرب برمی‌خورد به‌دنبال آن می‌مُرد . از طرف دیگر کریستف کلمب که دریافتن‌راه‌میانبری به‌هندوستان شکست‌خورده‌بود به‌طور اتفاقی یک‌قارهٔ کاملا" جدید را کشف کرد . در مورد سر ویلیام کروکز (*Sir William Crookes*) اهل بریتانیا نیز وقتی که او تالیم[1] را کشف کرد چیزی مانند این اتفاق افتاد . اما روال کار مدتها قبل شروع شده بود .

در سالهای ۱۸۵۰ کروکز شیمیدان جوان درگیر مطالعهٔ رسوب بوجود آمده در تولید اسید سولفوریک شد . وی معتقد بود که این رسوب ممکن است محتوی تلوریم (*Tellurium*) باشد . اما بعد از آزمایشات متعدد شیمیائی هیچ نتیجهٔ مثبتی بدست نیاورد و علاقهٔ خود را بکار از دست داد . او رسوب فوق را برای مدتی طولانی در لابراتوار بلااستفاده رها کرد تا اینکه کشف روش‌آنالیز طیفی توجه او را به‌رسوب مزبور جلب کرد . متد جدید به‌دشواری روش شیمیائی نبود و این دانشمند تصمیم گرفت آنرا امتحان کند .

کروکز با شگفتی بسیار به‌جای خط‌طیفی تلوریم یک خط‌سبز روشن را مشاهده نمود که باتمام طیف‌های شناخته شدهٔ آن زمان بیگانه بود . او به‌این نتیجه رسید که یک عنصر جدید را کشف کرده است و چون فصل بهار بود و برگهای تازه در حال جوانه زدن روی درختها بودند ، وی آنرا تالیم از ریشهٔ یونانی *Thallos* یعنی نهال در حال جوانه زدن نامید .

---

۱) تالیم ــ عنصریست فلزی با وزن اتمی ۲۰۴/۳۷ و عدد اتمی ۸۱ ، این فلز به‌رنگ سفید مایل به‌آبی است . وزن مخصوص آن ۱۱/۸۵ و نقطهٔ ذوبش ۳۰۲°c می‌باشد . م

(شکل ۶۲)

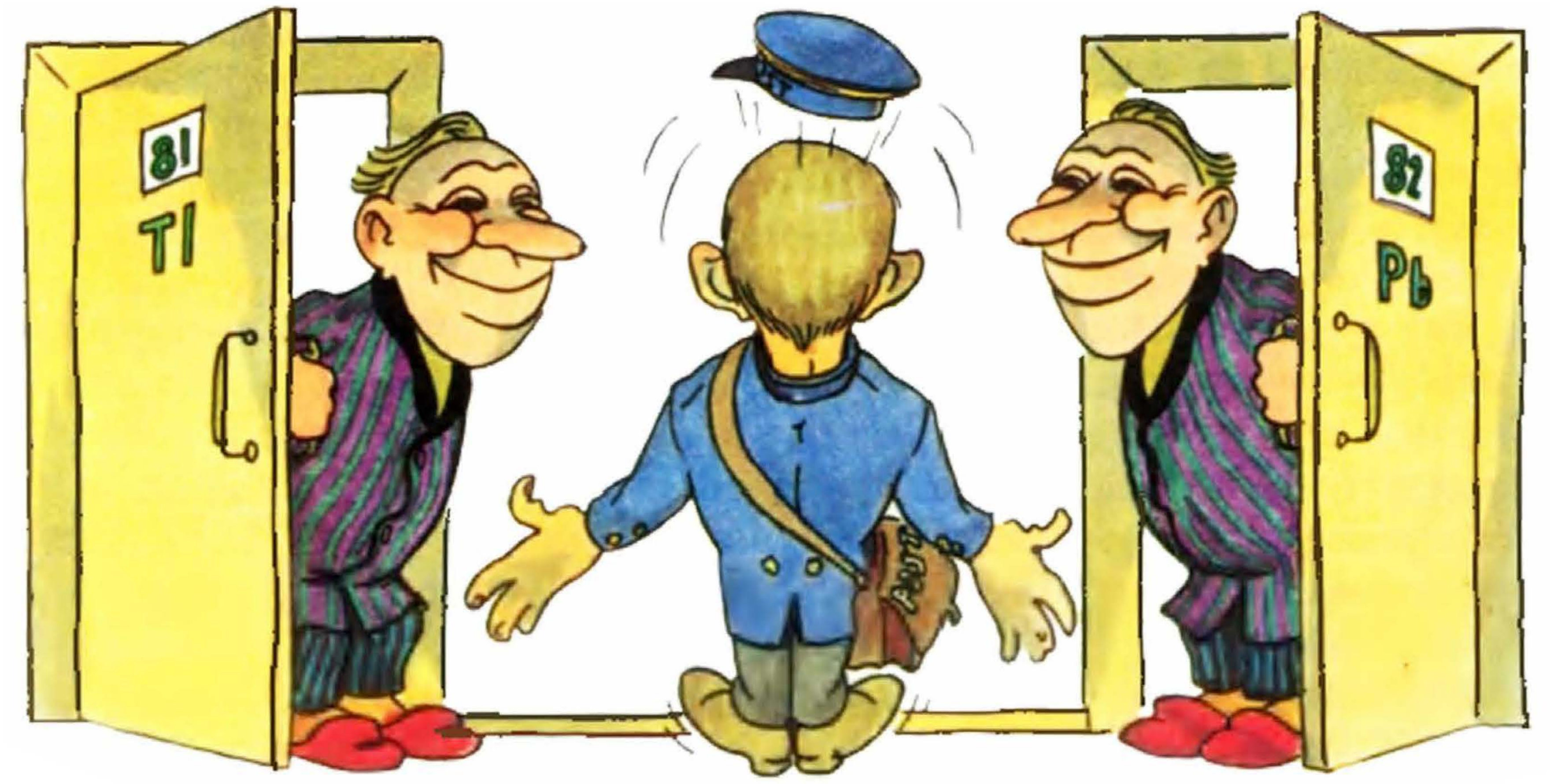
چند ماه بعد لامی شیمیدان فرانسوی نیز تالیوم را هم در رسوب حاصل از مرحلهٔ تولید اسید سولفوریک و هم به‌صورت طیف‌نگاری کشف کرد. اگرچه لامی توانست چهارده گرم تالیم فلزی بدست بیاورد و بعضی از خواص آن را مشخص نماید اما حق تقدم کشف به‌شیمیدان بریتانیائی تعلق دارد. در سالهای بعد ویلیام کروکز خدمات زیادی به توسعهٔ شیمی و فیزیک نمود و در سالهای آخر عمر سرپرست انجمن سلطنتی لندن بود. علیرغم تناقضی که با کارش داشت کروکز یکی از طرفداران ارتباط با روح بود و زمان زیادی را صرف ارتباط با ارواح می‌کرد.

این واقعیت که تالیم اولین‌بار توسط آزمایش طیف‌نگاری کشف شد

کاملا " طبیعی است زیرا این عنصر در اکثر مواد معدنی آنچنان ناچیزی وجود دارد که کشف تصادفی آن از طریق شیمیائی عملا " غیر ممکن است و تنها متد طیف‌نگاری و دقت استثنائی آن بود که به‌کشف این عنصر منجر شد. ذخایر کلی تالیم در پوستهٔ زمین آنقدرها کم نیست (در حدود ۰/۰۰۰۳ درصد)، در حالیکه اندوختهٔ طلا یا پلاتین بسیار کمتر است. از طرف دیگر فقط پنج نوع سنگ وجود دارد که می‌توان آنها را سنگ معدن تالیم به‌حساب آورد که عبارتند از: *Lorandite* ، *Hutchinsonite* ، *Urbaite* ، *Crookesite* و *Avicennite*. آخرین اینها که تقریبا " اکسید تالیم خالص است در سال ۱۹۵۶ در ازبکستان شوروی کشف شد و به‌خاطر بزرگداشت پزشک و فیلسوف روزگار باستان ابن‌سینا، اویسینایت (*Avicennite*) نام گرفت. این مواد معدنی در طبیعت آنقدر کم هستند که‌استخراج تجارتی آنها امکان‌پذیر نیست. معمولا " تالیم فلزی به‌صورت یک‌محصول فرعی در جریان تولید سرب، روی و بعضی دیگر فلزات بدست می‌آید.

مدت پنجاه سال بعد از کشف تالیم، این عنصر فقط به‌عنوان موضوعی برای تحقیقات علمی بود و از خود صفات قابل توجه و برجسته‌ای نشان داد. این عنصر از نظر مشخصات ظاهری، وزن مخصوص، سختی، نقطه ذوب و دیگر خواص فیزیکی تشابهات زیادی با همسایه دست راستی خود یعنی سرب در جدول تناوبی دارد (این دو در خانه‌های شماره ۸۱ و ۸۲ جدول تناوبی قرار دارند.) تالیم از نظر شیمیائی خواص مشترکی با سدیم و پتاسیم و نقره دارد.

تالیم با قرار داشتن در گروه سوم باید اغلب به‌صورت یک عنصر سه‌ظرفیتی عمل نماید، اما "ترجیح می‌دهد" که مانند فلزات قلیائی، یک ظرفیتی‌باشد. در بعضی ترکیبات پیچیده هردو نوع تالیم یعنی یک ظرفیتی و سه ظرفیتی وجود دارد. اولی در نقش کایتون و دومی به‌صورت



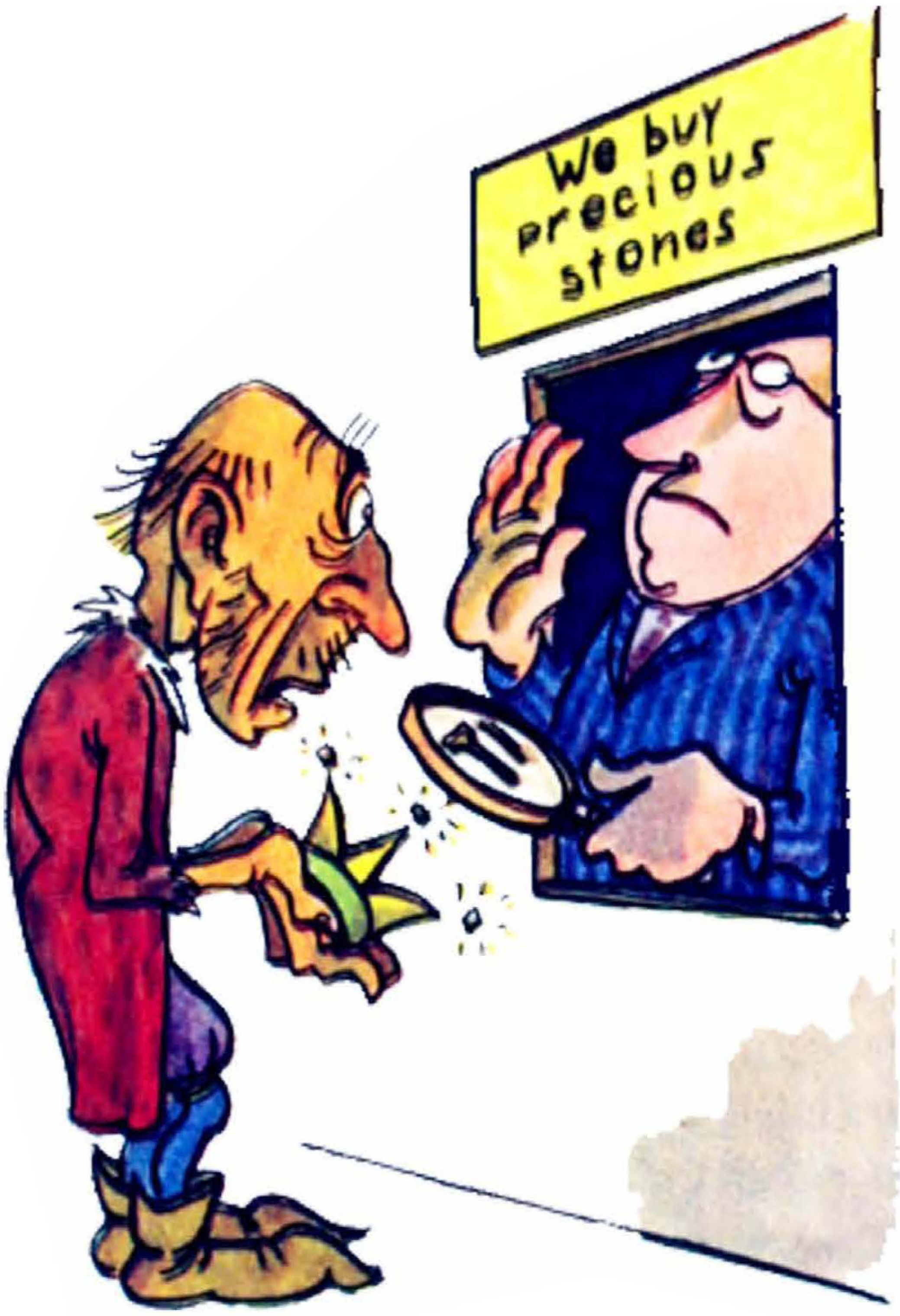
(شکل ۶۳)

جزئی از یک آنیون پیچیده عمل می‌کند . به‌همین دلیل شیمیدان معروف فرانسوی به‌نام دوماس (*Dumas*) عنصر شماره ۸۱ را به‌صورت زیر توصیف نمود : "اغراق نیست اگر بگوئیم که از نقطه نظر طبقه‌بندی فلزات ، تالیم را به‌علت داشتن خواص متضاد می‌توان "فلزی غلط‌انداز نامید " . دوماس در توضیح نظریه خود گفت که تالیوم در بین فلزات همانقدر بیان مغایر است که پلاتینوس در بین حیوانات . (این موجود عجیب یک پستاندار است ولی مانند دوزیستان وپرندگان تخم می‌ـ گذارد و همچنین دارای ظاهر زننده‌ای است . بدنش پوشیده از پشم می‌ـ باشد اما دارای منقار و پاهای مرغابی است) .

با زیاد شدن اطلاعات دربارهٔ تالیم و ترکیبات آن بعضی استفاده‌های عملی برای آن پیدا شد . برای اولین‌بار در سال ۱۹۲۰ یک مرگ‌موش و حشره‌کش محتوی سولفات تالیم در آلمان به‌ثبت رسید . در

همان سال متوجه شدند که نور بر اکسی سولفید تالیم (تالوفید) اثر گذاشته و قابلیت هدایت الکتریکی آنرا تغییرمی‌دهد و همچنین این ماده مخصوصا" نسبت به‌اشعهٔ مادون قرمز حساس است. نتیجهٔ این اطلاعات این بود که بزودی باطریهای تالوفیدی طرح و مورد استفاده قرار گرفت. موارد استفادهٔ این باطریها عبارتست از: در چراغهای راهنما در تاریکی و یا مه غلیظ، در چراغهای مادون قرمز که محل فرود هواپیماها را در شب مشخص می‌کنند، در کشف اجسام گرم در تاریکی، در دستگاههای اندازه‌گیری تشعشعات ستارگان و در نورسنج‌ها جهت عکسبرداری با اشعهٔ مادون قرمز. استفاده از دیگر ترکیبات تالیم مانند برومید تالیم و یدور تالیم نیز براساس فرانمائی فوق‌العادهٔ آنها نسبت به‌اشعهٔ مادون قرمز می‌باشد. بلورهای منفرد این نمکها در عدسیها، منشورها و باطریها برای دستگاههای بصری که در قسمت مادون قرمز طیف عمل می‌کنند مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمکهای تالیم را در ترکیب ساخت شیشه‌های زرد، سبز و نارنجی که برای هدفهای مخصوصی بکار می‌روند و دارای قدرت انکسار زیاد می‌باشند، استفاده می‌کنند. این‌شیشه‌ها را می‌توان به‌عنوان جواهرات مصنوعی استفاده کرد و همچنین در ساختمان شیشه‌های مات از آن‌ها استفاده می‌شود.

تالیم در مهندسی جدید در دستگاههای شمارندهٔ تعداد دفعات تشعشع به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار مـی‌گیرد، برای نمونه در دستگاههای کشف و اندازه‌گیری تشعشعات رادیو اکتیو که اجزاء اصلی آن بلورهای فسفر هستند. در این دستگاهها بلورهای فسفر در اثر برخورد با اشعهٔ بتا یا گاما نور خیره‌کننده‌و نامنظمی تولید می‌نمایند، با استفاده از یک فتوسل این نور به‌الکتریسیته تبدیل شده و هرچه شدت تشعشع بیشتر باشد نور بیشتر و در نتیجه شدت جریان بیشتری ایجاد می‌شود. نمکهای فلزات قلیائی نیز نقش بلورهای فسفر را ایفا



(شکل ۶۴)

می‌نمایند . فعال کننده‌هائی نیز به‌نمکها اضافه می‌شود که راندمان آنها را بالا برده و ایجاد کانونهای نور در بلورها می‌نماید . در دستگاههای شمارشگر تشعشع ، فعال‌کننده‌ٔ فسفر ، تالیم است .

در شیمی ، تالیم و اکسیدها و سولفیدهای آن به‌عنوان کاتالیزور در بسیاری از واکنشهای آلی مانند احیاء هیدروژن از نیترو بنزن ، اکسیداسیون آنیلین گازی شکل و غیره بکار می‌روند . بعضی از ترکیبات تالیم را میتوان به‌عنوان روغن موتور برای افزایش خواص بنزین به‌آن اضافه نمود . اما در یک مورد تالیم و نمکهای آن توانسته‌اند به‌طور گسترده در پزشکی بکار گرفته شوند . این مورد ، سمیت شدید تالیم و اکثر ترکیبات آن می‌باشد . از آنجائی که در اغلب موارد مقدار مصرفی از

آن که بتواند تاثیر درمانی نشان بدهد خطرناک است، استفادهٔ آن محدود به‌درمان کچلی و بعضی "درمانهای کوچک" دیگر می‌شود.

واقعهٔ عجیبی چند سال پیش در رابطه با تالیم اتفاق افتاد. دختر کوچک یکسال و نیمه‌ای که احتیاج شدید به‌کمک پزشکی داشت به همراه والدینش از قطر، یک شیخ‌نشین کوچک در خلیج فارس به‌مقصد لندن پرواز کرد. بیمار در شرایط جدی به‌سر می‌برد. فشار خون وی هر روز در حال بالا رفتن و تنفسش به‌شدت مشکل بود. پزشکان در قطر نتوانستند بیماری او را تشخیص بدهند و متخصصین لندن تنها امید والدین این دختر بودند.

اما وقتی که او را به‌بیمارستان لندن آوردند به‌نظر رسید که حتی ماهرترین دکترها نتوانستند این بیماری عجیب را بعد از چندین ساعت مشورت شناسائی کرده و به‌توافق برسند. در همین حال شرایط رو به وخامت گذاشت، وی اکثر اوقات در حالت بیهوشی به‌سر می‌برد. بالاخره وقتی که وضعیت بیمار ناامیدکننده به‌نظر می‌رسید پرستار وی توضیح داد که این دختر از مسمومیت توسط تالیم رنج می‌بَرد. او گفت داستانی از آگاتاکریستی خوانده است که در آن توضیحاتی دربارهٔ مسمومیت با تالیم داده بود و اینکه عوارض داده شده، در آنجا شباهت عجیبی با عوارض مشهود در این بیمار دارد. پزشکان تصمیم به‌بررسی نظر پرستار گرفتند اما بیمارستان وسایل کافی در اختیار نداشت. خوشبختانه اسکاتلندیارد که اخیرا" با یک مورد مسمومیت از تالیم برخورد کرده بود به‌کمک‌رسید. آزمایشگاههای آن داروهای لازم و همچنین وسایل مورد لزوم را تهیه کرد. تشخیص پرستار صحیح بود: در حقیقت دختر از مسمومیت توسط تالیم رنج می‌برد. چنانچه بعدا" معلوم شد پدر و مادر او از یک مرگ موش تشکیل شده از نمکهای تالیم استفاده می‌کردند که بر او اثر گذاشته بود. درمانهای لازم برای بیمار تجویز گردید و بزودی از

وی رفع خطر شد .

آشکار است که درمورد تالیم و ترکیبات آن نباید سهل‌انگاری کرد ولی اگر دقت عمل بکار رود آنها می‌توانند مفید باشند .

در طبیعت ، اغلب مواد معدنی آنچنان به‌خوبی ترکیب شده‌اند که گاهی اوقات جدا کردن آنها بی‌نهایت مشکل می‌باشد . در اینجاست که بعضی از ترکیبات آلی تالیم به‌کمک می‌آیند . اگر چنین مواد معدنی در محلول آب و تالیوم مالونات و تالیوم فرومات (مالونات و فورمات تالیم) ، مایعی با وزن مخصوص بیش از $4g / cm^3$ ریخته شود ، مواد سبک‌تر به‌سطح مایع آمده و مواد سنگین‌تر رسوب می‌کنند . از این روش علاوه بر جدا کردن مواد از ترکیبات معدنی جهت تخمین وزن مخصوص آنها استفاده می‌شود .

نیمه‌هادی‌ها که در حقیقت اختراع جدیدی هستند قسمتی از زندگی ما را تشکیل می‌دهند و این علاوه بر عرصهٔ تکنولوژی که آنها بر آن استوار می‌باشند ، است . نیمه‌هادی‌ها که اختراعاتی ساده ، قابل اطمینان و دارای کاربرد آسان می‌باشند ، از عهدهٔ انجام مقدار چشمگیری کار برمی‌آیند . در میان بسیاری از مواد مختلف‌شناخته‌شده‌که دارای خواص نیمه‌هادی هستند مهمترین آنها نیمه هادی‌های شیشه‌ای می‌باشند که به‌طور متفاوت شامل ترکیبات مختلف تالیم با آرسنیک ، آنتیموان ، گوگرد ، سلنیوم (Selenium) و تلوریم هستند .

از تالیم همراه با دیگر عناصر برای تابلوهای روشنائی علائم راهنمائی در شب استفاده می‌شود : آنها از لوله‌های شیشه‌ای پر از گاز آرگون و بخار تالیم تشکیل شده‌اند و رنگ سبز دلپذیری ایجاد می‌نمایند . بخار تالیم همچنین باعث تشکیل رنگ سبز در بعضی از چراغهای راهنمائی می‌شود . لامپهای تخلیه‌ای تالیوم برای تنظیم دستگاههای طیف‌نما ، کنترل فیلمها و نگاتیوهای عکاسی و برآورد کیفیت

عکسهائی که توسط تابش اشعه x بدست آمده‌اند بکار می‌رود.

بیش از ۱۰٫۰۰۰ آلیاژ در صنعت کشاورزی بکار می‌رود و پیدا کردن فلزی که جزئی از یک آلیاژ نباشد مشکل است. تالیوم نیز از این قاعده مستثنی نیست. به‌آسانی با فلزات دیگر آمیخته و خواص معین و مشخص و با ارزشی به‌آنها می‌بخشد. ترکیب آن با سرب، قلع و آنتیموان آلیاژی بسیار عالی و مقاوم در برابر اسید (ضد اسید) می‌سازد که به‌عنوان روکش در خط‌لوله‌های زیرزمینی بکار می‌رود. در میان آلیاژهای اخیراً بدست آمده گروهی از آنها در ساختن بلبرینگها استفاده می‌شود که‌با توجه به‌نوع مصرف این بلبرینگها از آلیاژهای تالیوم بافلزات مختلف مانند سرب، مس، قلع و حتی گاهی اوقات طلا و نقره استفاده می‌شود. به‌علت نقطهٔ ذوب نسبتاً پائین تالیم این فلز در خلال کار بلبرینگها به‌صورت یک نرم سازندهٔ طبیعی عمل کرده و مقاومت آنها را در مقابل خورندگی و فرسایش افزایش می‌دهد.

دهها آلیاژ زودگداز که تالیم یکی از اجزاء تشکیل‌دهندهٔ آنهاست وجود دارد و مهمترین آنها بی‌شک آلیاژ تالیم ـ جیوه می‌باشد که فقط در درجه‌حرارت $-60^\circ C$ جامد می‌شود.

دما سنجهای پرشده از این آلیاژ سیال در سردترین نقاط جهان و همچنین در فضا، جائی که دماسنجهای معمولی جیوه‌ای بلااستفاده هستند ضروری می‌باشد.

ایزوتوپ رادیو اکتیو تالیم ـ ۲۰۴ به‌عنوان یک منبع تشعشع اشعهٔ بتا در بسیاری از دستگاهها جهت کنترل مراحل تولید به‌خصوص کنترل ضخامت منسوجات و نوارهای کاغذی استفاده می‌شود. در لحظه‌ای که اشعه بتا شروع به‌عبور کردن از یک ورقه جسم می‌کند، از شدت آن کاسته شده و یا به‌شدت آن افزوده می‌شود و این بدین معنی است که ضخامت جسم زیاد یا کم شده است و یک دستگاه اتوماتیک از این نوع

(شکل ۶۵)

شرایط ایده‌آل کار را تنظیم می‌کند. دستگاههای دیگری که با تالیم رادیواکتیو کار می‌کنند ذرات باردار الکترواستاتیک مضر را که معمولاً" در کارخانه‌های تولید منسوجات و کاغذسازی و یا کارخانه‌های تولید فیلم به‌وجود می‌آید جمع‌آوری می‌کنند.

دانشمندان تا این اواخر دو نوع ایزوتوپ پایدار و ۱۸ ایزوتوپ رادیو اکتیو تالیم را می‌شناختند. ایزوتوپ تالیم ـ ۱۹۱ سبک‌ترین آنان بود، اما در سال ۱۹۷۲ حتی یک ایزوتوپ سبک‌تر از آن (ایزوتوپ تالیم ـ ۱۸۹) در موسسه تحقیقات هسته‌ای در دوبنا (*Dubna*) نزدیک مسکو بدست آمد.

نشانه‌هایی از تالیم در بسیاری از گیاهان و حیوانات یافت شده است. به‌خصوص در میان جانوران آبزی این ردپاها چشمگیرتر می‌باشد و از بین گیاهان بیشتر در انواعی از آنها که در سطح رشد می‌کنند دیده می‌شود و بعضی از آنها در طول حیات خود این ماده را جمع می‌کنند.

به‌عنوان مثال تالیم را در ریشهٔ چغندری که در منطقه‌ای که حتی دقیق‌ترین دستگاهها از ثبت آن عاجز بودند رشد می‌کرد، یافتند. تحقیقات بعدی نشان داد که چغندر قندمی‌تواند تالیم را حتی اگر به مقدار بسیار بسیار ناچیز در خاک موجود بشد، جذب و در خود نگه دارد.

بیش از صد سال قبل شیمیدان فرانسوی به‌نام دوماس که ما قبلاً از وی نام بردیم پیش‌بینی کرد که تالیم طلیعهٔ فصل جدیدی در تاریخ شیمی خواهد بود. وی می‌باید در مورد اهمیت این عنصر که تمام عمر خود را به‌مطالعه و تحقیق دربارهٔ آن صرف کرده بود مبالغه کرده باشد ولی از طرفی دیگر می‌توان با اطمینان گفت که این عنصر هنوز بهترین نقش خود را ایفا نکرده است.

فصل هفدهم

بیســـــــــموت

(یک ماموریت در فضا)

Bi

آزمایش جسم کروی شکل . ـ آیا آن ارزنده بود ؟ ـ
سر درگمی در شیمی قرون وسطائی . ـ چهرهٔ رنگ پریدهٔ زنان . ـ
حدس زدنها . ـ یک شغل شریف . ـ گارد آتش‌نشانی
می‌تواند بخوابد . ـ تی‌پارتی در کلاس . ـ علاج یک طاعون . ـ
چینی‌آلات و وسایل آرایشی . ـ بهترین قسمت . ـ
به‌مبارزه طلبیدن قوانین طبیعت . ـ بین دو قطب . ـ
با یک شعلهٔ آبی . ـ پلیمرهای اشباع شده . ـ
یک قانون تصحیح شده . ـ شیشه فلز . ـ
دو ماه زیر آتش . ـ کاملا " کمیاب . ـ
کشفیاتی در ماوراء دریاچه بایکال .

در یک روز تابستانی در سال ۱۹۷۶ بوریس ولینوف (Boris- Volynov) و ویتالی‌زولوبوف (Vitali Zholobov) سرنشینان ایستگاه تحقیقاتی سالیوت ـ ۵ در مورد تکمیل آزمایش فنی با کلمه رمز "Sphere" [۱] به‌مرکز کنترل پرواز گزارش دادند .

تعداد حرفه‌هائی که فضانوردان باید به‌آن وارد باشند باور نکردنی است . آنها زمین‌شناس، زیست‌شناس، پزشک، فیزیکدان و شیمیدان هستند و حتی شمارش شغل‌های "فضائی" آنان بسیار مشکل است . این‌بار آنها به‌منظور آزمایش " Sphere " می‌بایستی

---

۱) * Sphere ـ جسم کروی ، گلوله . م

متالوژیست می‌شدند و وسیلهٔ تحقیق آنان دستگاهی کوچک بود که توسط آن می‌بایستی مراحل انجماد فلز مذاب را در شرایط بی‌وزنی مطالعه می‌کردند. به‌طور دقیق‌تر آنها مصمم بودند که با استفاده از شرایط جاذبهٔ صفر گلوله‌های فلزی مدور ایده‌آلی بدست بیاورند.

این دستگاه چه بود و فلزی که قرار بود به‌عنوان اولین فلز در تاریخ فلزشناسی فضائی ثبت شود چه بود؟ دستگاه از یک جعبه که حاوی قطعات کوچک فلزی بود تشکیل شده بود. این قطعات گلوله‌ای شکل قرار بود ذوب شوند. همچنین این دستگاه دارای یک گرمکن برقی و یک کیسهٔ شفاف بود. فلز انتخابی دانشمندان آلیاژ *Wood* بودکه‌شامل بیسموت[1]، سرب، قلع و کادمیم به‌نسبتهای ۱ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۴ بود. این آلیاژ حدوداً" بیش از صد سال بود که برای دانشمندان متالوژی شناخته شده بود: برتری اصلی جهت انتخاب این آلیاژ برای "ماموریت فضائی" نقطه ذوب پائین آن که حدود $70°C$ است، بود و هرچه نقطه ذوب پائین‌تر باشد فلز زودتر ذوب شده و بنابراین دستگاه مزبور برای ذوب فلز جمع و جورتر و ساده‌تر خواهد بود. احتیاج به‌توضیح بیشتر نیست که این موضوع از نظر مهندسی فضائی چقدر مهم است.

فضانوردان در ساعت مقرر دستگاه مربوطه را روشن کرده و یک ذرهٔ بسیار ریز، به‌اندازهٔ نوک مداد از این آلیاژ به‌درون لولهٔ گرم ـ کننده فرستادند. در آنجاآن ذره‌بزودی به‌صورت یک قطره فلز مذاب درآمد و به‌درون کیسهٔ مخصوصی فرستاده شد. در روی زمین این قطره فلز فوراً" به‌ته کیسه سقوط می‌کرد ولی در فضا بعد از خروج از گرمکن در

---

۱) * بیسموت عنصریست فلزی با وزن اتمی ۲۰۸/۴۸ و عدد اتمی ۸۳، فلزی است شکننده با رنگ مایل به‌قرمز. وزن مخصوص آن ۹/۸ و نقطه ذوبش $271°C$ است. م

شرایط بی‌وزنی کیسه معلق می‌ماند. سرعت خروج فلز مذاب از گرمکن و اندازهٔ کیسه به‌نحوی محاسبه شده است که تا زمانی که فلز به‌انتهای کیسه برسد جامد می‌گردد. بنابراین قطره‌ها یکی پس از دیگری به‌گلوله ـ های ریز کاملا" گرد تبدیل می‌گردند. در خلال آزمایش ویتالی زولوبوف گفت: "گلوله‌ها به‌نظر درست می‌رسند و زیبا هستند، تماشای قطرات گرم که در بی‌وزنی معلق هستند و بدون برخورد با چیزی جامد می‌شود بسیار جالب است."

منظور از آزمایش چه بود؟ استفادهٔ عملی آن چه بود؟ آیا انجام این همه کار در فضا، فقط برای جمع‌آوری چندتائی از گلوله‌های کاملا" کروی ارزش دارد؟ و آیا تمام آنها کروی بودند؟

کیسه به‌زمین آورده شد و دانشمندان در بسیاری از آزمایشگاهها به‌مطالعهٔ محتویات آن پرداختند. متاسفانه روشن شد که گلوله‌های مذاب در حال جامد شدن به‌جای کروی شکل شدن به‌صورت بیضوی درآمده و سپس سرد شده و به‌صورت گلابی یا پیازهای بسیار ریز درآمده‌اند. به‌علاوه آلیاژ *Wood* در فضا یکنواختی و تقارن خود را از دست داده بود. اما برطبق یک ضرب‌المثل که می‌گوید: "کار نیکو کردن از پر کردن است"، می‌توان تصور کرد که یک چنین آزمایشاتی ادامه خواهد یافت. اگر آزمایشات موفقیت‌آمیز باشند آیندهٔ درخشانی در برابر تکنولوژی گشوده خواهد شد. برای ساختن ساچمه بلبرینگ در شرایط زمینی باید عملیاتی مشتمل بر یازده مرحله انجام داد که در نتیجهٔ آن مقدار معتنابهی فلز نیز از دست می‌رود. علاوه بر آن ساختمان لایه خارجی گلوله‌ها (ساچمه‌ها) همیشه به‌صورت ایده‌آل درنمی‌آید. بنابراین می‌توان امیدوار بود که‌روزی در فضا یک کارخانهٔ بلبرینگ ـ سازی ایجاد گردد و مخارج سفر فضائی آلیاژ *Wood* را با بهرهٔ مناسب جبران نماید.

اما حالا اجازه بدهید به‌زمین برگردیم و چیزی دربارهٔ بیسموت جزء اصلی آلیاژ *Wood* یاد بگیریم. بیسموت فلزی است به‌رنگ سفید نقره‌ای مایل به‌صورتی کم‌رنگ. اولین‌بار در گزارشات شیمیائی قرن پانزدهم از آن ذکری‌به میان‌آمده‌است، اگرچه درآنزمان اکثر شیمیدانها بیسموت را با سرب، قلع و یا آنتیموان اشتباه می‌کردند. به‌عنوان مثال: یک دائره‌المعارف کیمیاگری بیسموت را به‌عنوان سبک‌ترین، بیرنگ‌ترین و ارزان‌ترین نوع سرب توصیف می‌کند. در همان حال جرجیوس آگریکولا (*Georgius Agricola*) یک متالوژیست و معدن‌شناس معروف، در کتاب خود دربارهٔ معادن و مواد معدنی که در سال ۱۵۴۶ نوشته شده بیسموت را در میان مهمترین فلزات شناخته شده تا آن‌زمان یعنی: طلا، نقره، مس، سرب، قلع و جیوه قرار داد. ولی فقط در قرن هیجدهم بیسموت به‌عنوان یک فلز مستقل شیمیائی شناخته شد.

احتمالا" درست است اگر بگوئیم که هیچ فلز دیگری به‌اندازهٔ بیسموت دارای اسامی مختلف نبوده است. به‌گفتهٔ برخی از دانشمندان بیش از ۲۰ اسم مختلف برای بیسموت در نوشته‌های قرن پانزدهم تا هیجدهم یافت‌شده‌است‌که‌ازمیان‌آنهااسامی‌پرمعنی مانند: *Demogorgon* (یکی از خدایان وهم‌انگیز یونان)، اهریمن، *Glaura* (به‌معنی درخشان از ریشهٔ یونانی) و *Nymph* (به‌معنی دختران زیبا در افسانه‌های یونانی) به‌چشم می‌خورد.

در مورد ریشهٔ لغت بیسموت توضیحات مختلفی موجود است. برخی بر این باورند که بر پایهٔ ریشهٔ آلمانی *Wis* و *Mat* می‌باشد که از کلمات *Weisse Masse* و *Weisse Materia* به‌معنی جرم سفید و ماده سفید گرفته شده‌است و یعنی فلز سفید. بعضی دیگر فکر می‌کنند که از لغت آلمانی *Weise* به‌معنی سرزمین سبز و *Muten* به‌معنی کار در

معدن ریشه گرفته است، چون در زمان قدیم این فلز را از معادن موجود در سرزمینهای سرسبز واقع در ساکسونی (*Saxony*) نزدیک *Meissen* استخراج می‌کردند. برخی دیگر اصرار دارند که بیسموت اسم خود را مدیون *Wiesen* که نام منطقه‌ای غنی از نظر مقدار فلز در آلمان است، می‌باشد. همچنین نظریه‌ای وجود دارد که می‌گوید بیسموت اسم تغییر یافتهٔ *bi ismid* عربی است که به‌معنی "مانند آنتیموان" می‌باشد. مشکل می‌توان گفت که کدام نظر صحیح می‌باشد. دائره‌المعارف بزرگ روسی نیز جواب مشخصی نمی‌دهد و فقط یادآوری می‌کند که: "مبداء اسم *B*. مشخص نیست و تاکنون تایید نشده است".

(شکل ۶۶)

سمبل *Bi* اولین‌بار توسط یک شیمیدان برجستهٔ سوئدی به‌نام برزیلیوس معرفی شد.

در زمانهای قدیم از ترکیبات بیسموت در رنگها و رنگهای روغنی

و مواد آرایشی استفادهٔ وسیعی می‌کردند . انواع سفیدآب در میان زنان روسی خواهان زیادی داشت که یکی از آنها برپایهٔ بیسموت درست می‌شد و به‌نام سفیدآب اسپانیائی نیز مشهور بود . یک فرد انگلیسی که در اواسط قرن شانزدهم از روسیه دیدن کرد گفت : "زنان بقدری رنگ مصرف می‌کنند که از فاصلهٔ دور می‌توان صورت رنگ‌آمیزی شدهٔ آنان را دید" . آنان را می‌توان با زنان آسیابان مقایسه کرد چون اینطور به نظر می‌رسد که در مقابل آنان کیسه‌های آرد را تکان داده‌اند .

طب یکی دیگر از موارد مصرف بیسموت و ترکیبات آن در ادوار قدیم می‌باشد . امروزه نیز ترکیبات آن در داروها و پودرو پمادهای ضد عفونی کننده و ترمیم‌کننده پوست و بیماریهای معدی و روده‌ای ، سوختگیها و زخمها استفاده می‌شود . بنابراین صنعت دارویی یکی از

(شکل ۶۷)

مصرف‌کنندگان عمدهٔ بیسموت می‌باشد.

در مهندسی مدتهاست بیسموت را به‌خاطر اینکه آلیاژهای زود ـ گدازی می‌سازد، می‌شناسند. در کتابی که بیش از یکصد سال پیش به چاپ رسید میخوانیم: "بیسموت را فقط به‌خاطر زودگداز کردن آلیاژها به‌آنها اضافه می‌کنند. به‌همین دلیل است که حلبی‌سازها و سازندگان ارگ وقتی که احتیاج به‌یک مادهٔ به‌خصوص با نقطهٔ ذوب پائین دارند از این فلز استفاده می‌کنند. سازندگان حروف چاپ نیز مقدار کمی بیسموت به‌فلز اضافه می‌کنند برای اینکه آسانتر بتوان آنرا ذوب کرد و البته اینکار کیفیت آلیاژ را بالا نمی‌برد چرا که بیسموت تمام آلیاژها را شکننده می‌سازد. امروزه چاپچی‌ها دیگر از بیسموت به‌عنوان فلز چاپ استفاده نمی‌کنند اما کارهای زیاد در عرصه‌های دیگر برای آلیاژهای بیسموت، از جمله آلیاژ *Wood* که در سطور قبل در مورد آن صحبت کردیم، موجود است. برای مثال مامورین آتش‌نشانی در صورتی که بدانند که وسایل و ساختمانهای قابل اشتعال مجهز به‌سیستم آتش‌نشانی اتوماتیک با فیوزهای ساخته شده از آلیاژهای بیسموت هستند، دلیلی برای نگران بودن دربارهٔ آن ندارند. وقتی که درجه حرارت داخل ساختمان از حد معین و مجاز بالا می‌رود، فیوز ذوب می‌شود و رله را به فعالیت وامی‌دارد و در نتیجه زنگ خطر به‌صدا درمی‌آید. در بعضی از سیستمها نه‌تنها زنگ خطر به‌صدا در می‌آید بلکه آب نیز به‌طور اتوماتیک و بدون هیچگونه کمک خارجی فوران کرده و وقتی که مامورین آتش‌نشانی به‌محل می‌رسند تنها کاری که باید انجام دهند تنظیم دستگاه به‌حالت اولیه جهت استفادهٔ مجدد است.

آلیاژی مرکب از بیسموت، سرب و جیوه حتی در اثر مالش ذوب شده و به‌عنوان مداد فلزی استفاده می‌شود. آلیاژهای زودگداز بیسموت درزگیریهای مناسبی جهت اتصال شیشه به‌فلز می‌باشند. اگر

(شکل ۶۸)

یک قاشق چایخوری ساخته شده از آلیاژ wood را در فنجان چای بگذارید در همان دقیقهٔ اول ذوب می‌شود. البته شما چنین قاشقی را در مغازه نخواهید یافت، ولی درس فیزیک به‌خوبی خواص این آلیاژ را توضیح می‌دهد.

از بیسموت به‌دلیل مناسب بودن جهت قالب‌گیری برای ساختن اشکال مختلف و همچنین در دندانپزشکی استفاده می‌شود.

بعضی از آلیاژهای بیسموت توسط خواص منحصر به‌فرد مغناطیسی مشخص می‌شوند. آلیاژی متشکل از بیسموت و منگنز ایجاد یک آهنربای قوی و دائم می‌کند. آلیاژ آنتیموان با بیسموت دارای خاصیت مقاومت در برابر آهنربا می‌باشد و از این جهت در صنعت برای ساختن قطع ـ کننده‌های مدار برق با عمل سریع استفاده می‌شود. همچنین این آلیاژ در دستگاههای آمپلی‌فایر بکار می‌رود. آلیاژهای ساخته شده بر مبنای

آلومینیم و آهن با اضافه نمودن حدود ۰/۰۱ درصد بیسموت انعطاف ـ پذیری و کارپذیری خوبی ازخود نشان می‌دهند. همین خواص با اضافه نمودن بیسموت به‌فولاد ضد زنگ بدست می‌آید. ترکیب نمودن بیسموت با قلع باعث جلوگیری از "طاعون قلع" می‌شود که عبارتست از: تبدیل قلع به‌پودر در درجه حرارتهای پائین. این عمل به‌دلیل تغییر شکل قلع و تعدیل فضای شبکهٔ بلورین آنست که در آن‌شبکه، اتمهای قلع در فضای بسیار گسترده‌ای جای می‌گیرند و در نتیجه قلع سفید به‌صورت پودر درآمده و دارای رنگ خاکستری می‌شود. اضافه کردن بیسموت باعث پر کردن فضای خالی و پیوند اتمها و در نتیجه عدم تغییر در قلع می ـ شود.

آلیاژ بیسموت با تلوریم نیز مادهٔ‌مناسبی جهت استفاده در ژنراتورهای حرارتی الکتریکی می‌باشد. ترکیب صحیح فلزات در

(شکل ۶۹)

ژنراتورها متضمن راندمان زیاد در تبدیل انرژی حرارتی به‌الکتریکی می‌باشد. یادآوری می‌شود که اولین باطریهای ترموالکتریک (دما برقی) که در حدود صد و پنجاه سال پیش طرح‌ریزی و مورد استفاده قرار گرفت براساس سیمهای آنتیموان و بیسموت که به‌یکدیگر لحیم شده بودند کار می‌کرد.

امروزه از سیستمهای برودتی ترمو الکتریک در فضانوردی، طب و دیگر عرصه‌ها استفاده‌های وسیع و شایانی می‌شود. در سال ۱۹۳۴ فیزیکدان فرانسوی به‌نام جین پلتیر (*Jean Peltier*) متوجه شد که اگر جریان مستقیمی از یک مدار که از دو نوع هادی مثل آهن و بیسموت تشکیل شده بگذرد مقداری از حرارت در محل اتصال دو فلز جذب می‌گردد. برای مدتی طولانی این پدیده که به‌عنوان پدیده پلتیر شناخته شده بود مورد استفاده نداشت چون برودت حاصله در نقطهٔ اتصال دو فلز بسیار ناچیز بود. بیش از صد سال بعد یک فیزیکدان معروف شوروی به‌نام آبرام آی‌اف(*Abram Ioffe*) پیشنهاد کرد که به‌جای فلزات بکار رفته در این دستگاه ترمو الکتریک باید نیمه‌هادی‌ها به‌خصوص ترکیبات بیسموت، تلوریم، سلنیوم و آنتیموان جایگزین گردند. در این موقع بود که مشاهده شد که پدیدهٔ پلتیر می‌تواند به‌عنوان وسیلهٔ موثری جهت ایجاد برودت مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس ساخت یخچالهای جدید امکان‌پذیر شد، در این یخچالها عامل خنک‌کننده نه مایعات هستند و نه گازها بلکه این نقش را الکترون‌ها بازی می‌کنند. یخچالهای کوچک الکترونی که به‌اندازهٔ یک انگشتانه می‌باشند می‌توانند برودتی برابر C °۵۰ــ ایجاد کنند. یکی دیگر از مزایای شگفت‌انگیز این دستگاهها اینست که اگر جهت جریان در آن تغییر کند دستگاه تبدیل به‌یک کوره گرمایی می‌شود.

از ترکیبات بیسموت در زمینه‌های مختلف تکنولوژی مدرن

استفاده می‌شود. از جمله تری‌اکسید بیسموت به‌عنوان کاتالیزور در تولید پلیمرهای آکریلیک در شیشه‌گری، لعاب‌گری و چینی‌سازی استفاده میگردد. این ترکیب به‌عنوان یک عامل پائین‌آورندهٔ نقطه ذوب بعضی از مواد معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هرگاه ترکیبات بیسموت به شیشه‌اضافه‌شوند باعث بالا بردن ضریب انکسار آن می‌گردند. نمکهای بیسموت را به‌رنگهای مورد استفاده در تابلوهای راهنمائی جاده‌ها اضافه می‌نمایند، به‌همین دلیل این تابلوها در اثر نور چراغ اتومبیلها روشن می‌شوند. و بالاخره نمکهای بیسموت به‌روژلب درخشش مروارید گونه‌ای می‌بخشند.

در سالهای اخیر دانشمندان توجه خاصی به‌خواص فوق هادی مبذول داشته‌اند، آن پدیده‌ایست که در سال ۱۹۱۱ توسط فیزیکدان هلندی به‌نام کامرلینگ اونز (*Kamerlingh Onnes*) کشف شد و تا این اواخر تصور می‌شد که فقط از نظر تئوری دارای اهمیت است.

پدیدهٔ فوق هادی که خواص بعضی از فلزات است عبارت از کم شدن ناگهانی مقاومت الکتریکی در حد ناپدید شدن این مقاومت زمانیکه درجه حرارت به‌صفر مطلق نزدیک می‌شود، است. پیشرفت‌سریع علم و تکنولوژی در نیمه دوم قرن حاضر استفاده‌های عملی از فوق‌هادی‌ها را به‌خصوص در صنایع برق ممکن می‌سازد. اما برای به‌حقیقت پیوستن این دورنمای علمی، دانشمندان باید ابتدا سعی کنند درجه حرارت بحرانی (صفر مطلق) را که پدیده فوق‌هادی در آن تثبیت می‌گردد تا حد ممکن افزایش دهند. به‌عبارت دیگر آنها باید چیزی بوجود بیاورند که می‌توان آنرا فوق هادی گرم نامید و یا موادی بسازند که در درجه حرارتهای معقول تبدیل به‌فوق هادی می‌شوند. بعضی از متخصصین معتقدند که با اشباع کردن پلیمرها با ذرات خیلی ریز فلزی می‌توان آنان را به‌چنین موادی تبدیل کرد.

مدت کوتاهی قبل، شیمیدانان شوروی اولین گشایش را در حل این مسئله ایجاد نمودند. آنها توسط الکترولیزه کردن محلول نمک‌های سرب و بیسموت در آب در حضور محلول تولوئن از پلی‌دی فنیل بوتادین‌ها، پلیمری بدست آوردند که شامل ۸۰ درصد از ذرات شناور آلیاژ سرب ـ بیسموت که هرکدام چند میکرون قطر دارند، بود. از آنجائی که فلز در لحظهٔ تشکیل پلیمر از نمک در آن جای گرفته بود و فرصت اکسیده شدن نیز نداشت سطح ذرات به‌صورت ایده‌آلی شفاف می‌نمود. آزمایشات نشان داده است که درجه حرارت تبدیل کننده به‌فوق هادی در فلزات جدید به‌مقدار قابل ملاحظه‌ای از آلیاژ خالص بالاتر می‌باشد. اگرچه این درجه حرارت هنوز به‌حد مطلوب نرسیده، اما امید آن می‌رود که قدمهای بعدی در این تحقیق علمی، مسئله را حل نماید.

کارکنان دانشگاه میشیگان در ایالات متحده آمریکا نیز به‌نتایج جالب توجهی رسیده‌اند. آنها ثابت کرده‌اند که اضافه‌نمودن تعداد کمی از اتمهای قلع یا تلوریم به‌بیسموت باعث ایجاد خاصیت فوق‌هادی فلز مزبور در درجه حرارت K ۰/۰۶ تا ۰/۰۳ (کلوین = K) می‌شود در حالیکه فلز خالص این خاصیت را ندارد. با تغییر غلظت مواد اضافه شونده می‌توان درجه حرارت تبدیل این ماده به‌فوق‌هادی را در هر جهت تغییر داد.

در هرحال، بیسموت مهمترین نقش خود را نه‌به‌عنوان یک ترکیب شیمیائی یا آلیاژ، بلکه به‌صورت خالص و به‌عنوان خنک‌کننده در راکتورهای اتمی ایفا می‌کند. بیسموت به‌دلیل گستردگی درجه حرارتش به‌صورت مایع باقی می‌ماند (نقطه ذوب ۲۷۱ درجه سانتی‌گراد، نقطه جوش ۱۵۶۰ درجه سانتی‌گراد). مقاومت شیمیائی زیاد و مهمتر از همه قابلیت پخش نوترونهای حرارتی بدون جذب آنها باعث ادامه واکنش

زنجیره‌ای در اتمهای آن می‌گردد. یکی از موارد استعمال مهم بیسموت در راکتورهائی است که سوخت اورانیوم آنها در بیسموت مایع حل می‌گردد.

یکی دیگر از مشخصات برجستهٔ بیسموت اینست که برخلاف دیگر فلزات شکننده بوده و به‌آسانی به‌پودر تبدیل می‌شود. سیم‌ها و صفحات نازک بیسموت را می‌توان توسط کشش و پرس گرم بدست آورد. بیسموت به‌دلیل ساختمان مولکولی بلورهای آن برعکس دیگر فلزات هنگام سرد شدن نه‌تنها حجمش کم نمی‌شود بلکه زیاد می‌شود. (مثل آب که وقتی یخ می‌زند حجم آن زیاد می‌شود). قانوناً" هنگامی که فشار بالا می‌رود نقطه ذوب نیز بالا می‌رود ولی در مورد بیسموت عکس این مطلب صادق است، در فشار بالاتر بیسموت با سرعت بیشتری تبدیل به‌مایع می‌شود.

بیسموت بالاترین درجه فرار از منبع مغناطیسی را داراست به‌طوریکه اگر قطعه‌ای از آنرا بین قطبین یک آهنربای استاندارد قرار دهیم از آنها دور می‌شود و در فاصلهٔ مساوی از هر دو قطب قرار می‌گیرد. در یک حوضهٔ مغناطیسی مقاومت الکتریکی بیسموت بیش از دیگر فلزات است. از این خاصیت برای اندازه‌گیری نیروی القایی میدانهای قوی مغناطیسی استفاده می‌گردد. این کار توسط یک فنر از جنس بیسموت انجام می‌گیرد. وقتی که بیسموت ذوب می‌شود مقاومت الکتریکی آن به نصف تقلیل می‌یابد و وقتی که سرد شود مقاومتش به‌سرعت بالا می‌رود (اگر درجه حرارت از صفر به منهای ۱۸۰ درجه تقلیل یابد مقاومت ۶۰ برابر می‌شود). خواص شیمیائی بیسموت نزدیک به‌خواص آنتیموان و ارسنیک، همسایگانش در گروه پنجم جدول تناوبی عناصر می‌باشد. اختلاف بارز آن با این دو عنصر خواص فلزی آن می‌باشد که با توجه به موقعیت آن در جدول تناوبی امری طبیعی است. محل استقرار آن در جدول، نزدیک به‌قسمت پائینی گوشه‌راست جدول (قطب فلزی) می‌

باشد. بیسموت در محیط خشک پایدار است ولی در هوای مرطوب توسط یک لایه نازک اکسید احاطه می‌شود. اگر بیسموت بیش از $1000^\circ C$ گرم شود با شعلهٔ آبی‌رنگ زیبائی می‌سوزد.

به‌مدت تقریباً صد و پنجاه سال تا زمانی که مایکل فاراده (*Michael Faraday*) قوانین اصلی الکترولیز را تثبیت نمود، دانشمندان معتقد بودند که هنگام عمل الکترولیز یونهای فلز از قطب مثبت به‌روی قطب منفی منتقل می‌شوند. در سال ۱۹۷۵ محققین انستیتـــو شیمی عمومی و معدنی آکادمی علوم اوکرائین به‌این نتیجه رسیدند که در بعضی فلزات یونها هنگام عمل الکترولیز به‌سوی قطب مثبت می‌روند. در آزمایش محققین اوکرائین کاتد از بیسموت و آند از نیکل و محلول الکترولیت از هیدروکسید سدیم مذاب تشکیل شده بود. وقتی که جریان الکتریکی در محلول برقرار شد کاتد بیسموت سریعاً شروع به‌کم شدن کرد و ذرات درخشندهٔ بیسموت خالص در سطح آند قرار گرفت.

کشف این موضوع نه‌تنها قانون فاراده را نفی‌نکرد بلکه تا حدی آنرا توضیح نیز می‌دهد. این صحیح است که اغلب فلزات روی کاتد تشکیل می‌شوند در حالیکه بیسموت، سرب، قلع و آنتیموان از این قاعده مستثنی هستند، اما فقط در صورتی که محلول الکترولیت نمکهای مذاب فلزات قلیائی و قلیائی خاکی باشند.

مکمل قانون فاراده می‌تواند در تصفیهٔ بسیاری از فلزات و آلیاژها از مخلوطهای بیسموت، سرب و دیگر مواد بکار رود. برای این منظور کاتد را از فلز مورد تصفیه انتخاب کرده و در خلال مراحل الکترولیز ناخالصی‌ها از کاتد جدا شده و روی آند می‌نشینند. این روش که تمیز کردن کاتد نامیده می‌شود بسیار مقرون به‌صرفه است.

تمام فلزات و اغلب جامدات عموماً دارای ساختمان بلوری مشخصی

که اتمها در آن به‌صورت ثابتی قرار گرفته‌اند، می‌باشند. به‌عنوان مثال آب دارای ملکولهای کاملا" نامنظم و درهم برهم H_2O می‌باشد، وقتی که آب تا صفر درجه سرد می‌شود مولکولها جاهای به‌خصوصی را که منحصر به‌بلورهای یخ می‌باشد پر می‌کنند. به‌همین دلیل یک قطره باران معمولی وقتی تبدیل به‌برف می‌شود بلورهای زیبائی پدید می‌آورد. تغییر مواد از حالت مایع به‌جامد نه‌تنها از نظر ظاهری بلکه از نظر خواص شیمیائی و فیزیکی نیز تغییراتی را به‌همراه دارد. البته تمام مواد دارای ساختمان بلوری نیستند. برای مثال شیشه هم در حالت مایع و هم جامد ساختمان بلوری به‌خصوصی نداشته و به‌صورت توده‌ای نامنظم است. آیا ممکن است فلزات مذاب را که از نظر ساختمان‌کریستالی بی‌شکلند بدون اینکه آنها به‌ساختمان کریستالی مربوط به‌خود دست یابند جامدکرد؟واگرچنین‌است‌آیااین‌امربه‌معنی‌تولید شیشهٔ فلزی است؟ این کنجکاوی بیهوده و بی‌اساس دانشمندان نبود که باعث مطرح شدن سئوال مزبور شد. می‌توان از مواد جدید انتظار داشت که از خود خواص منحصر به‌فرد نشان دهند. اما چگونه می‌توان اینکار را انجام داد؟

مراحل تبلور زمان لازم دارد که در خلال این زمان مولکولهای مواد از یک مرحلهٔ میانی عبور کرده‌سپس موقعیتهای پایدار را اشغال کرده‌وبه‌شکل‌ساختمان‌بلورین‌درمی‌آیندلذادانشمندان احتیاج به‌سرعت عمل در جامد کردن مواد داشتند به‌طوریکه مرحلهٔ میانی را حذف کردند.

خلاء کامل و سرمای زیر صفر جهت تبدیل فلز مایع به‌فلز جامد کافی به‌نظر می‌رسید. دانشمندان ثابت کردند که اگر بخار فلز بر روی فلزی که در محفظه‌ای قرار دارد که دو شرط فوق در آن رعایت شده، هدایت شود یک ورقهٔ نازک "شیشه‌ای" بر روی صفحه فلزی تشکیل می‌شود. یک آزمایش با بیسموت انجام شد و مشاهده گردید که یک ورقه

نازک "شیشهٔ" بیسموت که در حدود چند میکرون ضخامت داشت تشکیل شد که دارای خواص مغناطیسی و فوق هادی بود. حتی در درجه حرارتهای معمولی نیز مقاومت الکتریکی این ورقه چندین‌بار از بیسموت در حالت بلورین خود کمتر بود.

خواص مغناطیسی و فوق هادی دو ویژگی مهم مواد می‌باشند که بدون آنها پیشرفت تکنولوژی مدرن امکان‌پذیر نبود. به‌این دلیل است که مهندسین اهمیت زیادی به‌فلز "شیشه" یا اگر مایلید "شیشهٔ" فلز می‌دهند.

بیسموت آخرین عنصر عملا" غیر رادیو اکتیو در جدول تناوبی می‌باشد. وقتی ما می‌گوئیم "عملا" به‌این دلیل است که در آزمایشات دقیقی مشاهده شده است که هستهٔ ایزوتوپ طبیعی اصلی آن یعنی بیسموت ــ ۲۰۹ علائمی از تغییرات رادیو اکتیوی نشان می‌دهد، اگرچه نیمه عمر آن صدها میلیون برابر عمر کرهٔ زمین است. به‌دلیل نیمه عمر طولانی آن است که آنرا پایدار فرض می‌کنند. این مطلب در مورد ۱۹ ایزوتوپ دیگر آن صادق نیست چرا که نیم عمر یکی از آنها بیش از چند روز نمی‌باشد.

یکی از پیشرفتهای جدید علم تولید مصنوعی عنصر ۱۰۷ با کمک بیسموت است. بیسموت را در یک شتاب‌دهنده هدف بمباران شدید یونهای کروم قرار دادند. شتاب‌دهنده به‌مدت دو ماه بدون توقف کار می‌کرد و در این مدت نتیجهٔ دهها آزمایش پیچیده را تجزیه و مقایسه نمودند. بالاخره به‌این نتیجه رسیدند که از ترکیب یک یون کروم با یک هستهٔ بیسموت، اتم عنصر جدید شماره ۱۰۷ با نیمه عمر حدود ۲ هزارم ثانیه به‌وجود آمد.

تقاضا برای‌بیسموت سال به‌سال افزایش می‌یابد، در نتیجه قیمت این فلز در بازارجهانی در چهل سال گذشته ۶ برابر اضافه شده است.

دربین ذخایر پوستهٔ زمین ، بیسموت بعد از اکثر عناصر کمیاب و کمیاب‌ترین کمیابها ، یعنی تقریبا" در ردهٔ هشتادم قرار دارد . در عین حال این عنصر در حدود ۷۰ نوع سنگ معدن دارد . در واقع این فلز به‌صورت متراکم و قابل استفاده وجود ندارد و تنها به‌صورت یک محصول فرعی سرب ، مس ، نقره و دیگر فلزات وسیعا" گسترده که در سنگ معدنهای آنها به‌مقدار کم (۰/۰۰۰۱ درصد) از این فلز وجود دارد ، بدست می‌آید . بیسموت اکثرا" از سنگ معدنهای بدست آمده در بولیوی ، در جزیرهٔ تاسمانیا (*Tasmania*) و در پرو استخراج می‌شود .

در روسیه جستجو برای بیسموت در خلال جنگ جهانی اول هنگامی که احتیاج به‌بیسموت براساس استفادهٔ داروئی و ضد عفونی کنندهٔ آن قرار داشت و زمانی که دیگر نمی‌توانستند آنرا از آلمان وارد کنند ، شروع شد . اداره بهداشت ارتش روسیه از آکادمی علوم خواست که درمورد وجود سنگ‌های معدنی بیسموت در روسیه تحقیق کرده و در صورت موجود بودن ، امکان استخراج این فلزرا بررسی کند .

این تقاضا به *V.I.Verndsky* (وی .آی . ورنادسکی) زمین‌شناس برجستهٔ روسی که رئیس کمیسیون بررسی نیروهای مولده ثروت طبیعی روسیه بود واگذار شد . ورنادسکی با دقت به‌تحقیق در مورد نمونه‌های سنگ‌های معدنی موجود در موزهٔ معدن‌شناسی آکادمی پرداخت و به‌این نتیجه رسید که جستجو باید در ناحیهٔ ترانس ـ بایکال صورت گیرد . بزودی ک .آ . ننادکویچ (*K.A.Nenadkerich*) ، عضو سابق آکادمی علوم روسیه یکی از شاگردان ورنادسکی به‌دریاچه بایکال رفت . تحقیقات وی موفقیت‌آمیز بود و بعد از مدتی گزارش کشف سنگ‌معدن جدیدی را در کوه شرلوایا (*Sherlovaya*) داد . وی آنرا باسو‌بیسموت نامید . این مادهٔ معدنی درصد نسبتا" بالائی از بیسموت

داشت و می‌توانست به‌عنوان یک مادهٔ خام خیلی خوب جهت تولید بیسموت مورد استفاده قرار گیرد . چندی بعد دانشمندان چند نوع دیگر مواد معدنی که محتوی بیسموت بودند ، یافتند و در سال ۱۹۱۸ دهها کیلوگرم بیسموت را برای اولین‌بار از یکی از ذخایر معدنی در بوکوکا (*Bukuka*) ذوب و تصفیه نمودند .

فصل هیجدهم

فرانسیـــــــم

(کمیاب‌ترین کمیاب‌ها)

Fr

قانون همیشه استثناء دارد. —
انتظار طولانی. — مستاجر کجاست؟ — بعضی پیش‌بینی‌ها.
دو روش تحقیقاتی. — تشعشع پیش‌بینی نشده. — در خاکستر سیگار. —
کشفیات اثبات نشده. — جستجو ادامه دارد. — "رادیو اکتیو
دوشاخه". جای خالی پر می‌شود. — یک زندگی کوتاه. —
فیزیک به‌کمک شیمی می‌شتابد. — در مراحل بمباران هسته‌ای. —
کیمیاگران وحشت‌زده می‌شوند. — طلائی که بدرد نخورد. —
فقط یک لامپ روشن می‌شود. — شیمی در حال فرار. —
نقطه ذوب وسیع. — یخ شکسته شده.

همیشه در قوانین استثناء وجود دارد، و اگر ما این امر را که کشفیات علمی فقط توسط مردان انجام گرفته است به‌عنوان قانون قبول کنیم در آن صورت استثناء اسم سه زن برجسته خواهد بود: ماری اسکلودوسکا — کوری (Marie Sklodowska-Curie) کاشف پلونیوم (POlonium) و رادیوم، آیدا نوداک (Ida Noddack) کاشف رنیم و مارگارت پری (Marguerite Perey) کاشف‌فرانسیم[1].

---

۱) * فرانسیم — عنصریست با وزن اتمی ۲۲۳ و عدد اتمی ۸۷، تنها به‌صورت ایزوتوپهای رادیو اکتیو وجود دارد. سنگین‌ترین فلز خانواده فلزات قلیائی می‌باشد. نیمه عمر ایزوتوپ فرانسیم — ۲۲۳ که طولانی‌ترین عمر را از بین ایزوتوپهای فرانسیم دارد فقط ۲۲ دقیقه است. م

به‌مدت ۷۰ سال دانشمندان منتظر تولد عنصر ۸۷ (محل فرانسیم در جدول تناوبی عناصر) بودند و دلایل خوبی نیز برای این انتظار داشتند. وقتی که دیمیتری مندلیف روی جدول تناوبی خود کار می‌کرد تمام عناصر شناسائی نشده بودند و طبعا" وی نمی‌توانست تمام جاهای خالی جدول را پر نماید. اما این دانشمند بزرگ مطمئن بود که خالی بودن خانه‌های جدول موقتی بوده و عناصر مربوطه در طبیعت وجود دارند ولی به‌نحوی توانسته‌اند خود را ازنظرها پنهان سازند. مندلیف نه‌تنها جای این عناصر را در جدول مشخص نمود بلکه خواص فیزیکی و شیمیائی آنان را با دقت زیادی پیش‌بینی نمود.

کشفیات بزودی تیزهوشی مندلیف را به‌اثبات رساند. در سال ۱۸۷۵ گالیوم کشف شد (مندلیف آنرا اکا آلومینیم نامید که شبیه عنصر همسایه بالائی‌اش در جدول بود). در سال ۱۸۷۹ اسکاندیم Scadium (اوکا‌بر Eka Boron) و در سال ۱۸۸۶ ژرمانیم (اکا سیلیسیم Ekasilicon) کشف شدند.

مندلیف در مقالهٔ خود به‌نام "سیستم طبیعی عناصر و استفاده از آن جهت پیش‌بینی خواص عناصر کشف نشده" که در سال ۱۸۷۱ منتشر شد، نوشت: "ما می‌توانیم انتظار داشته باشیم که تعدادی عناصر اصلی را در گروه اول و دوم و سوم ردیف‌دهم بیابیم. اولی باید تشکیل اکسیدی از نوع R_2O ، دومی RO و سومی از نوع R_2O_3 بدهد. اولی شباهتهائی با سزیم ودومی با باریم خواهد داشت و تمام اکسیدهای آنها باید قویا" بازی باشند.

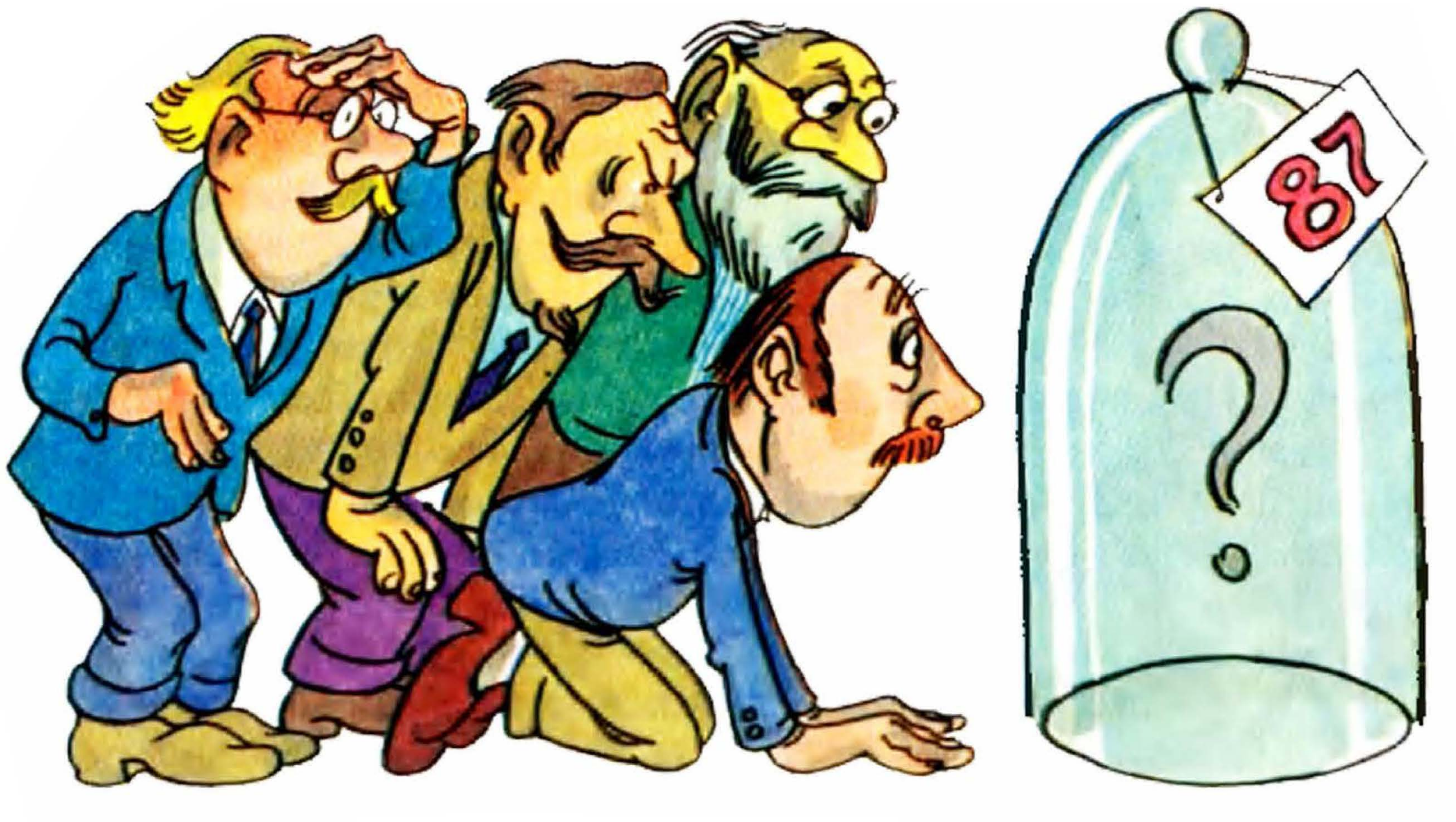
سالها گذشت، عناصر بیشتر و بیشتری کشف شدند اما خانه شماره ۸۷ که برای اکا سزیم در نظر گرفته شده بود علیرغم کوششهای فراوان جهت پیدا کردن مستاجر آن خالی ماند. اگرچه عنصر مزبور توانست

مجهول‌الهویه باقی بماند ، دانشمندان توانستند مطالب زیادی درمورد خواص آن از روی موقعیت آن در جدول عناصر فرا گیرند .

یکی از حقایق مسلم این بود که این عنصر می‌بایستی قلیائی باشد ، خاصیتی که در عناصر به‌ترتیب قرار گرفتن از لیتیوم به‌طرف سزیم زیاد می‌شود . به‌دلیل این واقعیت ، این عنصر می‌بایستی شدیدا" و حتی‌بیشتر از سزیم فعال باشد و به‌این علت فقط می‌تواند به‌صورت نمکی که بیشتر از تمام دیگر نمکهای فلزات قلیائی محلول است ، در طبیعت وجود داشته باشد . از آنجائی که هرچه فلزات بیشتر از لیتیم دور می‌شوند نقطهٔ ذوب آنها پائین‌تر می‌رود (از C °۱۸۰/۵ به ۲۸/۵°C) ، انتظار می‌رفت که اکا سزیم در شرایط معمولی مانند جیوه مایع باشد . خاصیت دیگر که مختص فلزات قلیائی به‌جز لیتیوم می‌باشد اینست که هرچه عدد جرمی یک عنصر بالا رود (هرچه در جدول تناوبی پائین‌تر قرار گیرد) مقدار عنصر موجود در پوستهٔ زمین کمتر است . با توجه به‌اینکه سزیم تعداد کمی اتم در طبیعت دارد ، واضح است که عنصر شماره ۸۷ که در زیر آن قرار می‌گرفت می‌بایستی کمیاب‌ترین کمیابها باشد و بالاخره رادیو اکتیو بودن همسایه‌های دست راست آن یعنی رادیوم و آکتینیم (Actininum) که مندلیف در مقاله‌اش از آنها نام برده است دال بر این فرضیه بود که اکا سزیم نیز می‌بایستی رادیو اکتیو باشد .

خواص عنصر شماره ۸۷ باعث شد که برای تحقیق آن دو جهت در نظر گرفته شود . بعضی از دانشمندان امیدوار بودند که آنرا در مواد معدنی فلزات قلیائی یا در آبهای معدنی و دریاهای غنی از چنین فلزاتی بیابند ، بعضی دیگر ترجیح می‌دادند که آنرا در بین مواد حاصل از تشعشع رادیو اکتیو عنصر همسایهٔ آن جستجو کنند .

در سال ۱۹۱۳ یک رادیو شیمیست انگلیسی به‌نام کرانستون



(شکل ۷۰)

(Cranston) یک تشعشع ضعیف آلفا را همراه با اشعهٔ بتا در یک ایزوتوپ آکتینیوم یافت و پیشنهاد کرد که یک ایزوتوپ عنصر ۸۷ می ـ تواند در مرحلهٔ زوال هسته‌ای ایجاد شود . یک سال بعد نتایج مشابهی توسط مایر (Meyer) ، هس (Hess) و پانت (Paneth) اهل استرالیا گزارش شد . آنها در آزمایشات خود با یک ایزوتوپ آکتینیوم با مقداری از ذرات ناخواندهٔ آلفا برخورد کردند . آنها نوشتند که : "این ذرات در مراحل پرتوافشانی آلفا از آکتینیوم ۲۲۷ که معمولا" اشعه بتا صادر می‌کند تولید می‌شوند و حاصل این تنزل هسته‌ای باید یک ایزوتوپ از عنصر ۸۷ باشد . اما یک پیشنهاد هنوز نمی‌تواند یک حقیقت علمی باشد ، به‌خصوص که دلایل فراوانی جهت زیر سئوال قرار دادن آن وجود داشت . اول اینکه تشعشع موجود به‌قدری ضعیف بود که می‌توانست حاصل خطاهای مجاز آزمایش باشد . دوم اینکه ایزوتوپ آکتینیوم مورد آزمایش می‌توانست محتوی مخلوطی از پروتوآکتینیوم طبیعی باشد که مشخصهٔ آن نیز

تشعشع اشعهٔ آلفا می‌باشد. اگرچه دانشمندان راه صحیح را دنبال می‌کردند ولی چنانکه بعداً" معلوم شد هنوز ۲۵سال به‌کشف عنصر ۸۷ مانده بود.

در سال ۱۹۲۵ یک محقق انگلیسی به‌نام فرند (*Friend*) جهت مطالعهٔ آب دریای *Deadsea* که از فلزات قلیائی غنی بود، عازم فلسطین شد. او مطمئن بود که اگر اکا سزیم پایدار باشد باید در آب این دریا وجود داشته باشد. حدس این دانشمند کاملا" منطقی بود اما هرچه سعی کرد توسط طیف‌نمای اشعه X نیز نتوانست کوچکترین اثری از آن بیابد.

روش طیف‌نگاری توسط دانشمندان دیگر نیز بکار رفته بود و از آنجائی که این متد باعث کشف روبیدیم و سزیم، نزدیکترین

(شکل ۷۱)

خویشاوندان عنصر شماره‌ٔ ۸۷ در گروه فلزات قلیائی شده بود، امیدوار کننده به‌نظر می‌رسید. نه‌تنها نمکهای تغلیظ شده از آب دریا، بلکه همچنین ذرات کمیاب‌ترین مواد معدنی، خاکستر قارچها و سیگارها، شکر سوخته و استخوان حیوانات منقرض شده که همگی امکان دارا بودن اتمهای اکا سزیم را دارند، تحت آزمایشات طیف سنجی قرار گرفتند، اما هیچیک از آنها نتایج مطلوبی بدست ندادند.

اغلب اوقات دانشمندانی که در جستجوی اکاسزیم بودند اعلام موفقیت نمودند ولی بزودی ناامید گشتند. در سال ۱۹۲۶ مجلات شیمیائی نتایج کار دو شیمیست انگلیسی به‌نامهای دروز (*Drews*) و لورینگ (*Loring*) را که ادعا می‌کردند خطوط طیفی عنصر ۸۷ را در یک طیف اشعه X سولفات منگنز مشاهده کرده‌اند، گزارش کردند. آنها آنرا آلکالینیوم نامیدند. سه سال بعد یک فیزیکدان آمریکائی به‌نام آلیسون (*Allison*) نتایج مشاهدات ذره‌بینی مغناطیسی خود را منتشر کرد که حاکی از این بود که به‌نظر وی آثاری از عنصر مزبور در مواد معدنی کمیاب فلزات قلیائی مثل *Samarskite* ، *Pollucite* و *Lepidolite* وجود دارد. وی همچنین پیشنهاد کرد که آنرا به‌افتخار ایالت محل زندگی وی ویرجینیوم بنامند. در سال ۱۹۳۱ رقبای وی به‌نامهای پاپیش (*Papish*) و وینر (*Weiner*) ظاهرا" توسط طیف‌نگاری وجود ویرجینیوم را در *Samarskite* تایید کردند ولی بزودی روشن شد که این خطوط مربوط به‌خرابی و ترک بلورهای کلسیت (کربنات کلسیم متبلور طبیعی — $Ca\ CO_3$) در دستگاه طیف‌سنج آنان بوده‌است.

در سال ۱۹۳۷ یک شیمیدان اهل رومانی به‌نام هالوبی (*Hulubey*) اعلام کردکه اکاسزیم را در *Pollucite* یافته است و پیشنهاد کرد که آن باید مولداویوم نامیده شود. متاسفانه نه آلکالینیوم

نه ویرجینیوم و نه مولداویوم هیچکدام نتوانستند جای خالی خانه شماره ۸۷ را در جدول تناوبی عناصر اشغال نمایند.

حمایت کنندگان از تئوری رادیو اکتیوی نیز مشغول تحقیقات خود بودند و در سال ۱۹۲۵ د. دوبروسردوف (*D.Dobroserdov*) اهل اودسا از جمهوری اوکرائین نزدیک دریای سیاه در مجلهٔ شیمیائی اوکرائین مقاله‌ای چاپ کرد که در آن برخی از خواص شیمیائی و فیزیکی اکاسزیم را بررسی کرده و اصرار می‌ورزید که این عنصر می‌بایستی بشدت رادیو اکتیو باشد اما او به‌غلط تصور می‌کرد که رادیو اکتیو بودن پتاسیم و روبیدیم به‌دلیل مخلوط بودن عنصر شماره ۸۷ با آنان است و او پیشنهاد کرد چنانچه این عنصر توسط دانشمندان روسی کشف شود آنرا روسیوم بنامند.

یک سال بعد نتایج جالب توجهی توسط رادیوشیمیست‌های معروفی چون هان (*Hahn*) از آلمان و هوسی (*Hevesy*) از مجارستان بدست آمد. مطالعات آنها از سری رادیو اکتیو بعضی از ایزوتوپهای آکتینیوم نشان داد که تشعشع ذرات آلفا از یکی از آنها تولید یک ایزوتوپ اکا ـ سزیم می‌نماید، اگرچه در بین یک میلیون از اتمهای مادهٔ اصلی فقط امکان یافتن چند اتم عنصر ۸۷ بود.

در سال ۱۹۳۸ تحقیق برای اکا ـ سزیم توسط مارگارت پری یکی از دانش‌آموزان ماری اسکلودوسکا ـ کوری و یک کارمند انستیتو رادیوم پاریس آغاز شد. در ابتدا وی تصمیم گرفت آزمایشات گذشتهٔ مایر و هس و پانت را تکرار کند، چرا که غالبا " کشفیات جدید در علوم، فراموش‌شدگان قدیمی‌اند و در مورد عنصر شماره ۸۷ نیز چنین بود.

پری نیز مانند پیش‌کسوتان خویش حضور ذرات آلفا را کشف کرد و حالا وظیفهٔ او این بود که ثابت کند که منبع ذرات آلفا مخلوط پروتو آکتینیوم نبوده بلکه آکتینیوم است.

پری با تصفیهٔ سخت آکتینیوم از تمام مخلوطهای ممکن و باقیمانده‌های تجزیه‌های رادیو اکتیوی توانست خالص‌ترین نمونهٔ آکتینیوم را بدست آورد و متوجه شد که ایزوتوپ این عنصر با وزن اتمی ۲۲۷ یک "رادیو اکتیو دو شاخه" دارد، به‌عبارت دیگر می‌تواند در راستای دو خط تجزیه شود و ذرات بتا و آلفا ساطع نماید. در واقع شاخه‌های این دو شاخه مساوی نبودند و فقط در ۱۲ مورد از ۱۰۰۰ مورد هسته‌های آکتینیوم ذرات آلفا منتشر می‌کردند در حالیکه در بقیه موارد ذرات بتا (الکترون) پخش می‌کردند که‌تبدیل به‌هستهٔ یک ایزوتوپ از توریم (*Thorium*) می‌شدند. اما در خلال تشعشع اشعهٔ آلفا چه اتفاقی رخ داد؟

محاسبات پری نشان داد که در جریان پرتاب یک ذرهٔ آلفا (برای نمونه یک هسته از هلیوم) یک هستهٔ ایزوتوپ آکتینیوم دقیقاً" به‌اندازه‌ای وزن از دست می‌دهد که برای تبدیل آن به‌هستهٔ ایزوتوپ ۸۷ کافی است. آنوقت بود که او تایید عملی این واقعیت را که آزمایش وی به‌نتیجهٔ تجزیهٔ هسته‌ای آکتینیوم با خواص به‌خصوص یک فلز قلیائی سنگین‌رادیواکتیو رسیده‌است، بدست‌آورد. آن‌همان‌اکاسزیم‌که مدتها در انتظارش‌بودند، ویا به‌طوردقیق‌ترایزوتوپ‌آن‌باوزن‌اتمی ۲۲۳ که‌هرگزدرطبیعت یافت‌نشده‌است، بود. آن‌آخرین‌عنصرقبل‌ازاورانیم‌بودودرسال ۱۹۳۹ کشف گردید. مارگارت‌پری‌نام‌آنرا به‌افتخارسرزمین پدری‌اش فرانسیم نامید.

چرا فرانسیم موفق شد برای مدتی چنین طولانی از کشف‌شدن سر باز زده و طفره برود؟ اولاً" این عنصر ناپایدارترین عنصر در طبیعت است (به‌جز عناصر دارای عدد اتمی بیشتر از اورانیم). ثانیاً" طولانی‌ترین نیمه عمر پایدارترین ایزوتوپ آن (ایزوتوپی که پری کشف کرد) فقط ۲۲ دقیقه است. پس آیا باعث تعجب خواهد بود که چرا هیچ اثری از فرانسیم در طبیعت، در ذخایر نامحسوس این عنصر دیده نمی‌—

شود؟ ولی با این وجود اتمهای فرانسیم وجود دارند. با توجه به‌قوانین تجزیهٔ رادیو اکتیوی مواد، دانشمندان محاسبه کرده‌اند که در مقابل هر ۵۹۷۶×۱۰^{۱۸} تن از مواد زمین فقط کمی بیش از ۵۰۰ گرم فرانسیم وجود دارد. بنابراین دنبال فرانسیم گشتن مانند دنبال سوزنی در انبار کاه گشتن است. با وجود این امروزه دانشمندان اطلاعاتی دربارهٔ خواص شیمیائی و فیزیکی فرانسیم دارند.

برای بدست آوردن این اطلاعات آنها می‌بایستی به‌طریق مصنوعی مقدار محسوسی از این عنصر را بدست آورده و بدقت تخلیص نموده و سپس آزمایشات لازم و محاسبات مربوطه را در کوتاهترین زمان ممکن انجام می‌دادند.

در ابتدا فرانسیم را توسط روشهای مختلف شیمیائی بدست می‌آوردند ولی این روشها بی‌نهایت پیچیده بوده و در ضمن کامل نبودند. فقط هنگامی که فیزیکدانها نیز به‌کمک شیمیدانان آمدند موفقیتهائی حاصل شد. ساختمان شتاب‌دهنده‌های یونی و پیشرفت تکنیک آنها (سیکلوترونها)، استفاده از روشهای جدید فیزیکی برای بدست آوردن فرانسیم براساس بمباران هدفهای توریم و اورانیوم توسط پروتون‌های دارای انرژی زیاد را ممکن می‌سازد. این روش توسط کارکنان انستیتو تحقیقات اتمی دوبنا واقع در نزدیکی مسکو مورد استفاده قرار گرفت. در یک بمباران پانزده دقیقه‌ای از یک گرم اورانیوم در یک سیکلوترون متقارن ۵×۱۰^{-۱۳} گرم فرانسیم تولید گردید.

البته این مقدار زیاد نیست. به‌عنوان مثال در مورد طلا چند تریلیونیم یک گرم آن به‌یک پول سیاه هم نمی‌ارزد، اما در مورد فرانسیم این‌مقدار گنجینه‌ای برای علم محسوب می‌شد چرا که توسط آن می‌توانستند پاسخهای بیشماری در جواب سئوالات مربوط به‌خواص این فلز بدست بیاورند. البته تحت این شرایط نمی‌توان وزن مخصوص و نقطه‌ذوب

و جوش فلز را به‌طور عملی از طریق آزمایش بدست آورد ولی این اطلاعات جمع‌آوری شده می‌توانست به‌عنوان اساس محاسبات ریاضی جهت بدست آوردن این خواص مورد استفاده قرار گیرد .

روش دیگر برای بدست آوردن فرانسیم ، بمباردمان هدفهای سرب ، تالیم یا طلا به‌ترتیب توسط یونهای‌باردار بـــر ، کربن و نئون می‌باشد . کیمیاگران قرون وسطی اگر می‌دانستند که دانشمندان امروزی به‌جای تجارت با طلا آنرا با ذرات اتمی بمباردمان می‌کنند که آنرا تبدیل به‌فلز مشکوکی نموده و طلا را نیز از دست می‌دهند ، وحشت‌زده می‌شدند . اما دقیقا" همین فلز مشکوک یا نسبتا" ناشناخته است که دانشمندان را تشویق به‌آزمایشات بیشتر کرده تا حس کنجکاوی‌شان را دربارهٔ آن ارضاء کنند .

(شکل ۷۲)

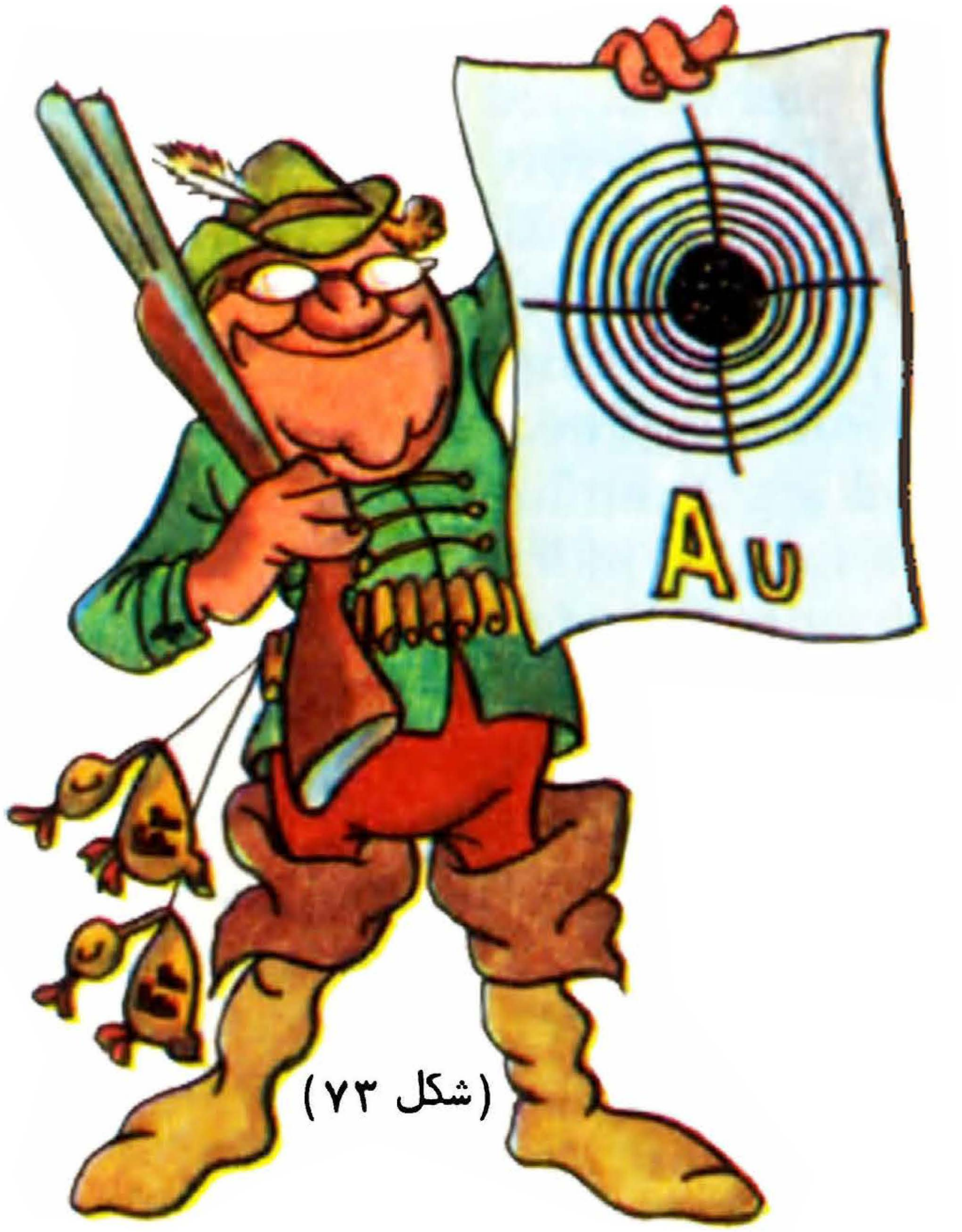
مراحل کیمیاگری قرن بیستم چیست؟ یک ورقه نازک طلا به‌ضخامت چند میکرون را در یک محفظه قرار داده و توسط یونهای شتاب گرفته‌ٔ نئون بمباران و متشعشع می‌نمایند در نتیجه‌ٔ این واکنش ایزوتوپ فرانسیم ــ ۲۱۲ تولید می‌شود. بعد از نیمساعت تشعشع، محفظه حاوی ورقهٔ طلا را به‌آزمایشگاه برده و در کابین محافظت شده‌ای ورقهٔ طلا را توسط بازوهای مکانیکی از محفظهٔ مربوطه خارج می‌کنند. ظاهرا" ورقهٔ طلا مثل قبل به‌نظر می‌رسد ولی در حقیقت حاوی دهها هزار اتم فرانسیم می‌باشد. البته این مقدار چندان زیاد نیست، ولی امروزه گاهی دانشمندان مجبورند فقط با چند اتم از ماده‌ای کار کنند. به‌عنوان مثال عنصر شماره ۱۰۱ (مندلویم) توسط دانشمندان آمریکائی با بدست آوردن فقط ۱۷ اتم از آن کشف گردید و آنهم نه یکباره بلکه طی دهها آزمایش که هر بار یک یا دو اتم بدست می‌داد. با توجه به‌این مطلب دهها هزار اتم فرانسیم بدست آمده رامی‌توان گنجینه‌ای به‌حساب آورد.

اما بدست آوردن فرانسیم فقط شروع کار می‌باشد. باید آنرا از طلا جدا کرده و از تمام ناخالصی‌ها و پس‌مانده‌های تخریب هسته‌ای پاک نموده‌و آزمایشات مشکلی را بر روی آن انجام داد و تمام این کارها باید با سرعتی نجومی انجام گیرد، چون نیمه عمر ایزوتوپ حاصل از بمباران طلا فقط ۱۹ دقیقه است.

برای اینکار ابتدا ورقه طلا را در تیزآب سلطانی حل کرده و سپس توسط یک دستگاه مخصوص "جمع کنندهٔ طلا" این فلز گرانبها ولی بیمورد و بدرد نخور برای اینکار را (برای دوباره بمباران شدن) از محلول جدا می‌کنند. در مرحلهٔ بعد توسط دستگاههای الکترونیکی از عدم وجود حتی یک اتم طلا در محلول‌تیزآب سلطانی اطمینان حاصل می‌شود. ولی هنوز مواد دیگری در محلول مخلوط هستند که باید جدا شوند. هر مرحله از عملیات زمان باقیمانده جهت مطالعهٔ فرانسیم را کمتر می‌کند.

سپس محلول را از ستونی که پر از یک مادهٔ کاملا" جذب کننده‌است چندین‌بار عبور می‌دهند، تمام محصولات حاصل از تخریب هسته‌ای به‌جز فرانسیم جذب می‌شوند. بعد از تصفیه و تخلیص،یک قطره از محلول را داخل یک گودی کوچک موجود در روی یک ورقهٔ تفلون قرار داده و آنرا تحت تابش شدید اشعهٔ مادون قرمز قرار می‌دهند، بعد از چند ثانیه قطره محلول تبخیر شده و اتمهای فرانسیم روی ورقهٔ تفلون باقی می‌ماند. برای اطمینان از وجود عنصر صفحهٔ تفلون را در محفظه‌ای از یک دستگاه حساس که در آن خلاء کامل می‌باشد قرار می - دهند و یک لامپ کوچک نئون وجود فرانسیم را اعلام می‌کند. اگر فقط یک لامپ روشن شود به‌معنای اینست که فرانسیم خالص است ولی اگر لامپهای دیگر نیز روشن شدند نشانهٔ حضور اتمهای دیگر نیز می‌باشد. مرحلهٔ نهائی و مشکل آزمایش مطالعهٔ خواص فلز است. آزمایشگران حالا فقط چند دقیقه - قبل از اینکه فلز در تخریب و تبدیل هسته‌ای از دست برود - فرصت مطالعهٔ آنرا دارند. خود دانشمندان به‌شوخی چنین آزمایشاتی را "شیمی در حال گریز" می‌نامند.

از زمان کشف فرانسیم تاکنون تعداد بیشماری آزمایشات و محاسبات انجام گرفته و خواص فیزیکی و شیمیائی اصلی این عنصر شناخته شده است. وزن مخصوص آن ۲/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و نقطه جوش آن ۶۳۰ - ۶۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در مورد نقطه ذوب این عنصر عقاید متفاوتی وجود دارد. به‌دلیل عدم امکان تولید این فلز به‌اندازهٔ کافی، اندازه‌گیری نقطه ذوب آن غیر ممکن است. در حال حاضر شیمیدانان می‌توانند با مقادیر میکروسکوپی مواد کار کنند ولی هر قدر مقدار ماده کمتر باشد نقطه ذوب آن نیز پائین‌تر است، به‌عنوان مثال ذرات طلا در اندازهٔ ۰/۰۱ میکرون در ۱۰۶۳ درجه سانتی‌گراد که معمولا" انتظار می‌رود ذوب نشده و به‌جای آن در ۸۸۷ درجه سانتی‌گراد



(شکل ۷۳)

ذوب می‌شوند . بنابراین اندازه‌گیری نقطه ذوب مقدار بی‌نهایت کم و بی‌اندازه خرد فرانسیم که می‌تواند بدست آید ، نمی‌تواند دقیق باشد .

به‌همین دلیل است که دانشمندان فقط از نظر تئوریکی و مقایسه با دیگر فلزات قلیائی و تشخیص تشابهات بین آنها می‌توانند بدون داشتن هر گونه اطلاعات عملی به‌این خاصیت پی ببرند . اما این روش نمی‌تواند نتایج دقیقی را که روشهای مدرن اندازه‌گیری درجه حرارت به ما می‌دهند ، بدهد . ازاینرو براساس محاسبات تئوریکی مقادیر زیر برای نقطه ذوب فرانسیم بدست می‌آید : ۸ ، ۱۹ ، ۲۰ ، ۲۷ ، ۱۵ تا ۲۳ و غیره (درجه سانتی‌گراد) .

فرانسیم از نظر شیمیائی فعالترین فلز قلیائی است . در حالیکه فلور را که در گوشهٔ بالای سمت راست جدول مندلیف قرار دارد می‌توان

غیر فلزی‌ترین عنصر دانست ، نقطه مقابل آن در جدول یعنی فرانسیم را می‌توان فلزی‌ترین فلزات بشمار آورد .

اما این عنصر چه استفادهٔ عملی می‌تواند داشته باشد؟ آشکار است که هنوز صحبت دربارهٔ استفادهٔ تجاری آن بسیار زود است . اما علائمی مشخص در دست است که نشان می‌دهد این فلز احتمالا" در آینده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد . تشعشع به‌خصوص این عنصر امکان پی بردن به‌وجود آکتینیم را در مواد معدنی میسر می‌سازد . در پزشکی این حقیقت که فرانسیم در نسوج سرطانی تمرکز پیدا می‌کند مورد توجه فراوان است و مهمتر اینکه این تمرکز حتی در مراحل اولیه بیماری یافت می‌شود . این عنصر کمک مهمی در تشخیص به‌موقع و سریع سرطان به‌شمار می‌رود و هم‌اکنون نیز کاربرد آن در آزمایشاتی که روی موشها صورت گرفته محرز گردیده است ، مسلما" آینده روشنگر قابلیت‌های فرانسیم خواهد بود ولی این امر به‌آنچه که دانشمندان امروزه فرا می‌گیرند بستگی دارد .

فصل نوزدهم

رادیـــــــوم
(تشعشع دائمی)

Ra

— چه داستانهائی برای گفتن هست؟
به‌سوی جاودانگی. — سه فرانک. — یک روز. —
کار آغاز می‌شود. — در یک آزمایشگاه سرد. —
یک چیز تعجب‌آور. — وقتی‌که شخصی از روی احتیاج حرکت‌می‌کند. —
در حیاطی در پاریس. — یک هدیه از بوهه‌میا. — یک قلمرو پادشاه
جادوئی. — چهار سال بعد. — یک پیروزی از کیمیاگری. —
عشق بکر و صدمه. — شفادهنده سحرآمیز. — مسرت‌کلوین. —
جواهرات و آزمایشگاهها. — یک جایزه نوبل. — مرگ پیر کوری. —
یک گرم در سنگ معدن یک کوه. — وقتی‌که جنگ شروع می‌شود. —
یک صندوقچهٔ گنج. — رادیوم روسی. — ناامیدی یک رقاص. —
دفتر یادداشت کوچک.

تاریخ علم داستانهای بیشماری دربارهٔ چگونگی تولد ایده‌های بزرگ در مغزهای بزرگ و کشفیات بزرگی که در عرض چند ثانیه صورت گرفتند دربردارد. فقط ارشمیدس را به‌خاطر بیاورید که وقتی در وان حمام بود بر او چه گذشت. در مورد نیوتون نیز می‌گویند که افتادن سیب از درخت برای او کافی بود که فیزیک را با یکی از قوانین اساسی غنی‌سازد و آن قانون جاذبهٔ عمومی بود.

طبیعتا"، تمام اینها به‌این آسانی هم نبود، اما ما می‌خواهیم این نکته را یادآور شویم که برای دیدن چیزی شخص باید چشم بصیرت برای دیدن آن داشته باشد. به‌عبارت دیگر اغلب سیب در حال افتادن

بر سر مردم فرو می‌افتد ولی این امر فقط در مورد نیوتون به‌نتایج مهمی رسید و همچون سنگریزه‌ای بود که آغازگر بهمنی عظیم گردید.

گاهی اوقات یک کشف علمی ماهها و سالها کار سخت و آزمایشات متعدد را به‌دنبال دارد و آنچه که نتیجه می‌شود حماسه‌ای قهرمانی است. یک مثال مهم و قابل توجه تاریخچهٔ کشف و جداسازی رادیوم [1] را که یکی از تحسین‌انگیزترین عناصر طبیعت است توسط ماری‌اسکلودوسکا کوری و شوهرش پیر کوری روشن می‌سازد. به‌این دلیل است که داستان ما دربارهٔ رادیم، سرگذشت دو دانشمند برجسته و از خودگذشتگی حرفه‌ای آنها به‌نفع علم می‌باشد.

قطار مسافرتی او برای سومین روز هنوز در راه بود. پشت سر آنها سرزمین آبا و اجدادی او لهستان و صدها مایل از خاک آلمان قرار داشت. پاریس در جلو قرار داشت. آینده برای یک دختر فروتن و با شرم لهستانی که قرار بود وارد دانشگاه معروف سوربن بشود چه دربر – داشت؟ وی در نظر داشت که بعد از اتمام دانشگاه به‌سرزمین خود برگردد و در مدرسه به‌تدریس فیزیک بپردازد و هیچکس در دنیا، حتی خود او نمی‌دانست که نقشهٔ سادهٔ او به‌واقعیت نخواهد پیوست. سرنوشت بازی متفاوتی کرد: ماری کوری با سوار شدن به قطار پاریس اوّلین قدم را در راه طولانی و دشوار جاودانگی، راهی که نام او را همردیف با بزرگترین اسمهای تاریخ قرار داد، برداشت.

زندگی وی در پاریس آغاز شد. هنوز سالها مانده بود که معروفیت و به‌رسمیت شناخته شدن به‌سراغ او بیاید. در این ایام او

---

۱) * رادیم – عنصریست رادیو اکتیو با وزن اتمی ۲۲۶/۰۲۵ و عدد اتمی ۸۸، این عنصر به‌رنگ سفید تابان و مشعشع می‌باشد. وزن مخصوص آن تقریبا " ۵ و نقطهٔ ذوبش $700°C$ است. م

می‌توانست فقط روزی سه‌فرانک جهت غذا و لباس و کتاب و یادداشت و اجاره خانه اختصاص دهد. حتی سوار شدن به‌اتوبوس برای او تشریفات محسوب می‌شد و او می‌بایستی هر روز در هر نوع هوا پیاده به‌دانشگاه می‌رفت. وی برای صرفه‌جوئی در نفت چراغ هنگام غروب به‌کتابخانهٔ Saint Genevieve می‌رفت و تا هنگام تعطیل شدن آن (ساعت ۱۰ شب) در آنجا بود. بعد از آن در اتاق کوچک زیر شیروانی خود در نور ضعیف چراغ نفتی تا صبح به‌مطالعه می‌پرداخت. هفته‌ها جیرهٔ غذائی وی از چای و نان و کره و گاهی مشتی تربچه و یا گیلاس تشکیل می‌شد.

ماری کوری درس خود را در سوربون به‌اتمام رساند و جزو دانشجویان ممتاز به‌اخذ دو لیسانس در رشته‌های فیزیک و ریاضیات نائل آمد. وی در یکی از نامه‌های آن زمان خود به‌برادرش چنین نوشت: "می‌بینم که زندگی بر هیچیک از ما آسان نیست. انسان باید پشتکار و مهمتر از همه اعتماد به‌نفس داشته باشد. هرکس باید بر این باور باشد که می‌تواند کاری انجام دهد و باید به‌هر قیمتی که شده به‌منظور خود برسد."

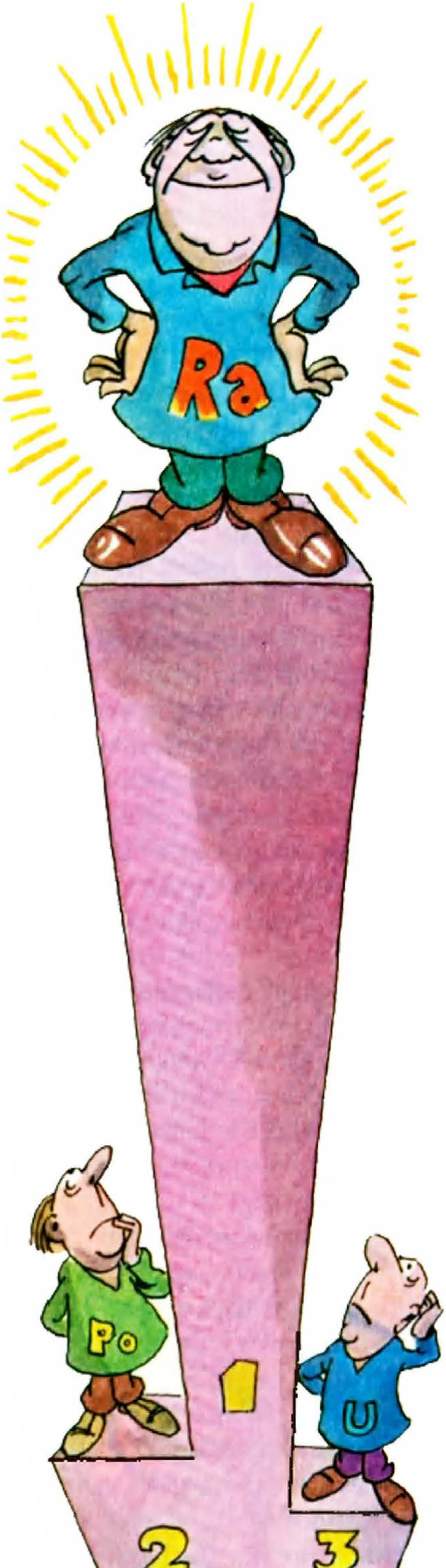
در سال ۱۸۹۵ واقعهٔ مهمی در زندگی ماری رخ داد و آن ازدواج وی با پیر کوری، فیزیکدان مشهور بود. از آن زمان به‌بعد کار علمی وکوشش مشترک، مفهوم واقعی زندگی آنان شد. در آن هنگام کمی بیش از سه سال به‌کشف رادیم مانده بود.

حتی تولد فرزند وی، ایرن (Irene) در سال ۱۸۹۶ ماری را از تحقیقات بازنداشت. او در آزمایشگاه شوهرش کار می‌کرد و همزمان در مدرسه مقدماتی فیزیک سوربون تدریس می‌کرد. در همان سال وی شروع به‌کار کردن بـر روی تز خود نمود. علاقهٔ علمی وی در آن موقع تشعشع مرموز اورانیم و ترکیبات آن بـود که مدت زمان کوتاهی قبل از آن

توسط Becquerel کشف شده بود. او و شوهرش تصمیم به‌ادامهٔ تحقیقات علمی خود در این زمینه گرفتند. ماری با کمک دستگاهی طراحی شده توسط شوهرش به‌تحقیق بر روی هزاران نمونه جهت تخمین کیفی شدت جریان اشعه‌های تازه کشف شده پرداخت. او در شرایط بسیار دشوار در اتاقی مرطوب که برای آزمایشات مناسب نبود و با دستگاههای ابتدائی به‌این آزمایشات ادامه داد. در یک روز زمستانی در دفتر یادداشت روزانه آزمایشگاه این‌چنین نوشته شده بود: "درجه حرارت ۶/۲۵ درجه سانتیگراد است!!" این نوشته در عین‌اختصار متاثرکننده بود.

اما پشتکار و جدیت ماری کوری تعجب‌آور بود. او با مشکلات از میدان به‌در نمی‌رفت. صدها آزمایش او با نمونه‌های مختلف فرضیه علمی Becquerel را ثابت کرد. این نظریه این چنین بود که اورانیم خالص رادیواکتیوتر از ترکیبات آن است. اما ماری هنوز بر آزمایش روی مواد بیشتری ادامه می‌داد. بالاخره روز تعجب و شگفتی بزرگ فرا رسید. دو سنگ‌معدن‌اورانیم به‌نامهای Chalcolite و Bohemian Pitchblende در روی دستگاه تشعشع قوی‌تری نسبت به‌اورانیم خالص نشان دادند. نتیجه واضح بود. این مواد معدنی احتمالا" یک یا چند عنصر ناشناخته در خود داشتند که از اورانیم نیز رادیو اکتیوتر بودند. پیر و ماری با آزمایش ذره به ذره مواد به‌این نتیجه رسیدند که آنها دو عنصر ناشناخته در خود دارند. آنها توانستند یکی از این عناصر را بشناسند و به‌افتخار سرزمین اجدادی ماری آنرا پولونیوم نامیدند.

دورهٔ دیگری از کوشش و تلاش فراوان آغاز شد تا اینکه در سال ۱۸۹۸ این دو دانشمند عنصری دیگر را که یک میلیون مرتبه رادیو — اکتیوتر از اورانیم بود کشف کردند. آنها آنرا به‌دلیل ظرفیت تمام — نشدنی‌اش برای تشعشع، رادیوم نامیدند (از کلمه لاتین radius به


Ra
Po
U
1
2
3

معنی اشعه) .

بدین ترتیب پلونیوم و رادیم کشف شدند، اما هنوز هیچکس آنها را ندیده بود. این‌دو دانشمند می‌بایستی چهار سال دیگر کار می‌کردند تا بتوانند این دو عنصر را به‌جهان عرضه کنند.

حتی در رادیو اکتیوترین ترکیبات فقط اثری ناچیز از آنان وجود داشت. این بدین معنی بود که لازمهٔ جداسازی این دو عنصر استفاده از چند تن مواد خام وصرف مقادیر زیادی پول می‌باشد. اینها را از کجا می‌شد تهیه کرد؟

ماری و پیر کوری از یک فیزیکدان استرالیائی در مورد خرید عالادنهٔ پس‌مانده‌های سنگ‌معدن‌اورانیم‌که‌اورانیم‌آن‌جهت‌تبدیل‌به‌نمکها و استفاده به‌عنوان رنگ در صنایع شیشه‌سازی و لعابگری استخراج شده بود، کمک خواستند.

در این میان محل مناسبی جهت ادامه کار لازم بود چون محل فعلی جهت تحقیق پیرامون عناصر ناشناخته، خیلی کوچک می‌نمود. دانشگاه سوربن از دراختیار گذاشتن جا سر باز زد. ماری و پیر در محوطه‌ای در همسایگی‌شان یک انبار متروکه خریدند.

دیوارهایش چوبی و کف زمین آن اسفالت بود، سقفی شیشه‌ای داشت که هنگامی که باران می‌بارید چکه می‌کرد، یک بخاری با لوله‌ای پوسیده و چند میز بهم چسبیده و همچنین یک تخته سیاه در آن قرار گرفته بود و اینها باهم لابراتواری را تشکیل می‌دادند که این فیزیکدانان می‌بایستی سالهای درازی در آن کار می‌کردند تا موفق به‌جدا ساختن چند ذره از عنصر متشعشع شوند. ماری کوری می‌نویسد: "در این کلبهٔ محقر بود که شادی‌آفرین‌ترین سالهای زندگی ما گذشت، سالهائی که کاملا" بکار اختصاص داده شده بود."

در حالیکه ماری و پیر مشغول سازماندهی آزمایشگاه خود بودند

خبری خوش از استرالیا رسید : به‌درخواست آکادمی علوم وین ، دولت استرالیا به‌رئیس معدن اورانیم دستور داد که چند تن از پس‌مانده‌های سنگهای معدنی اورانیم را به‌پاریس حمل کند .

مدت کوتاهی بعد ، در یک صبح زیبا (حتی اگر رگبار و باد شدید سقف‌ها را از جا می‌کند بازهم ممکن بود ماری به‌عنوان یک روز خوب از آن یاد کند) یک گاری اسبی در مقابل دانشکدهٔ فیزیک توقف کرد و کارگران شروع به‌پیاده کردن تعداد زیادی کیسه نمودند . ماری نمی‌ـ توانست خوشحالی خود را پنهان کند . او حالا صاحب یک گنجینه شده بود . کیسه‌های پر شده از خاک قهوه‌ای تیره‌رنگی که حاوی رادیوم بودند در کنار جاده قرار گرفته بود . یافتن رد پائی از این فلز در کوهی از مواد خام کار آسانی نبود و تلاش بسیار لازم داشت ولی این امر ماری و پیر را از پرداختن فوری به‌کار بازنداشت .

در آغاز آنها با یکدیگر مشغول جداسازی پولونیم و رادیم از طریق شیمیائی شدند ولی بعد متوجه شدند که‌بهتراست‌این‌مسئولیتهارا تقسیم نمایند . ماری مشغول بدست آوردن نمک رادیوم شد و پیر مشغول آزمایشات دقیق جهت تشخیص خواص فلز جدید گردید .

در کلبه محقرشان هیچگونه هواکشی برای خارج کردن گازهای مهلک وجود نداشت و ماری اغلب در حیاط در حالیکه در ابری از دود احاطه شده بود کار می‌کرد ولی در زمستان و هوای بد در داخل کلبه با باز گذاشتن پنجره‌ها کار می‌کرد . او می‌گوید : "من می‌بایستی روزی ۲۰ کیلو گرم از این مواد را مورد بررسی قرار می‌دادم و در نتیجه تمام کلبه ما پر از بشکه‌های بزرگ رسوبات و محلولهای بدست آمده شده بود . حمل کیسه‌ها و ظروف و ریختن محلولها از یک ظرف به‌ظرف دیگر و هم‌زدن آنها ساعتها در حال جوش با یک میلهٔ آهنی کار کمرشکنی بود . چند سال بعد وقتی که کسی در حضور ماری از کار وی به‌عنوان یک فداکاری و

از خودگذشتگی تحسین کرد او اعتراض کرد و گفت : "شما از چه فداکاری و از خودگذشتگی‌ای صحبت می‌کنید ، این کار بسیار هم جالب بود !"

در تمام آن مدت آنها رویای روزی را که بتوانند رادیم را با چشمان خود ببینند در سر می‌پروراندند و در عالم رویای آنها این فلز بسیار زیبا بود . چند ماه بعد آنها متوجه شدند که نه‌تنها زیباست بلکه به‌طور دائم از خود نور سبز تشعشع می‌کند . هر روز عصر پس از تاریک شدن هوا آنها به‌کلبه برگشته و چشمان خود را به‌میهمانی اشعه‌های مرموزی از مواد غنی‌شدهٔ رادیم که از ظروف شیشه‌ای و لوله‌های آزمایش قرار گرفته در روی میزها و نیمکتها ساطع می‌شد می‌بردند و به‌تماشای کلبهٔ پر شده از نور سبز متمایل به‌آبی و دیوارهای کهنهٔ در تاریکی فرو رفته در قلمرو رادیم می‌نشستند .

روزها ، هفته‌ها و ماهها سپری شد اما پیر و ماری هنوز نتوانستند فلز جدید را جدا نمایند . از آنجائی که شرایط کار فیزیکدانها مناسب نبود و مسائل شیمیائی متعددی در برابر آنها قرار داشت جای تعجبی نبود . لحظه‌ای فرا رسید که پیر پیشنهاد کرد که باید برای مدتی کار را متوقف کرده و تحقیقات خود در زمینهٔ نظری دنبال کنیم تا شاید در زمان مناسب بتوانیم با هزینهٔ کمتری به‌هدف خود برسیم . اما ماری به‌طور تزلزل‌ناپذیری مصّر در ادامهٔ کار بود و پیر نیز تسلیم شد .

بالاخره کوششهای بی‌دریغ آنها ثمر داد . در سال ۱۹۰۲ یعنی چهار سال بعد از اینکه کوری‌ها امکان وجودرادیم را اعلام کردند ، ماری موفق شد مقدار بسیار ناچیزی کلرور رادیوم خالص که طیف روشنی از عنصر جدید تولید می‌نمود ، بدست آورد . این ذرهٔ ریز فقط کسری از یک گرم بود ولی همین مقدار برای تشخیص معتبر و موثق این کشف کافی بود .

ماری و پیر فرصت را غنیمت شمرده و تصمیم گرفتند خواص عنصر

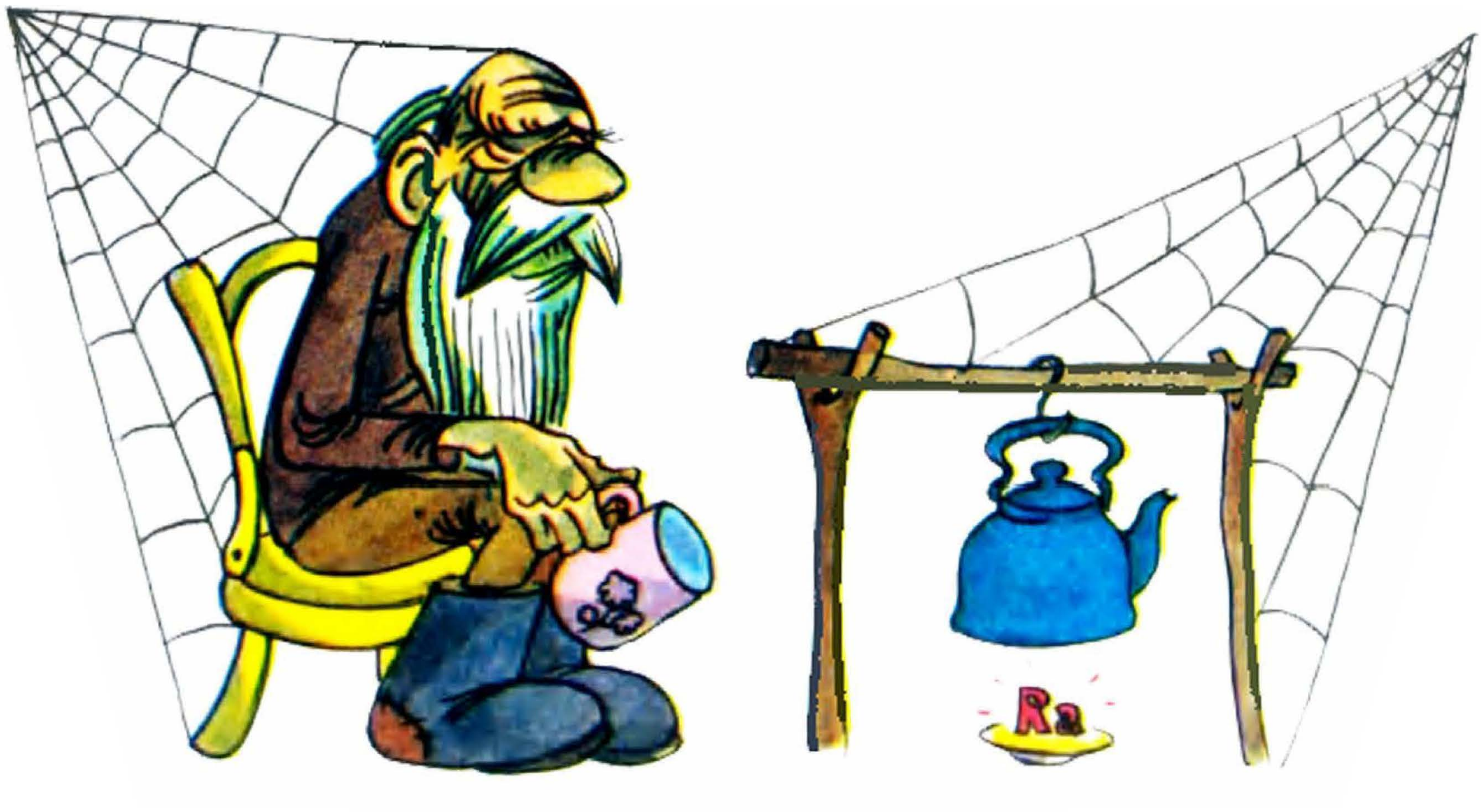
منحصر به‌فرد خود را شناسائی کرده و کارآئی آنرا بررسی نمایند. اما برای اینکار احتیاج به‌پول داشتند و پول تنها چیزی بود که آنها نداشتند.

آنها برای انجام آزمایشات گسترده جهت بررسی عنصر جدید به آزمایشگاه احتیاج داشتند اما شرایط بر وفق مراد آنها نبود. در همین موقع دانشکدهٔ پیر کوری تصمیم گرفت که او را برای دریافت نشان افتخار معرفی کند. اما پیر طی نامه‌ای به‌رئیس دانشکده نوشت: "بدین‌وسیله تقاضا دارم تشکر مرا به‌وزیر ابلاغ کرده و به‌ایشان بگوئید که من احتیاجی به‌نشان افتخار ندارم اما آنچه که بسیار به‌آن محتاجم یک آزمایشگاه است."

کوری‌ها حتی در کلبهٔ قدیمی خود نیز توانسته بودند موفقیتهای قابل ملاحظه‌ای در شناخت هرچه بیشتر رادیم بدست آورند. آنها دریافتند که رادیم نه‌تنها تشعشع می‌کند بلکه ایجاد حرارت نیز می‌نماید. یک گرم از آن می‌تواند در یک ساعت حرارت لازم جهت ذوب یک گرم یخ را تولید نماید.

یک گرم رادیم در طول زمان موجودیت خود (به‌تدریج به‌عناصر دیگر تبدیل می‌شود) می‌تواند به‌اندازهٔ سوزاندن نیم تن زغال سنگ حرارت تولید کند، اما زمان تبدیل ۲۰۰۰۰ سال طول می‌کشد.

اگر ذره‌ای از نمکهای رادیم را در یک لولهٔ آزمایش شیشه‌ای قرار داده و محبوس کنیم و در عرض مدت چند روز هوای موجود در لوله به داخل لولهٔ در بستهٔ دیگری پمپ شود این هوای پمپ شده نیز اشعهٔ آبی مایل به‌سبزی در تاریکی پخش می‌کند که درست همانند اشعهٔ نمکهای رادیم می‌باشد. این پدیده اشتیاق دانشمندان انگلیسی روترفورد (*Rutherford*)، سُدی (*Soddy*) و رمزی (*Ramsay*) را برانگیخت و توجه آنها را به‌خود جلب کرد. آنها توضیح دادند که



(شکل ۷۵)

این تشعشع به‌وسیلهٔ مادهٔ جدید گازی شکل دارای خواص رادیو اکتیو که توسط رادیم تولید شده‌است، ایجاد می‌شود. در سال ۱۹۰۳ آنها دریافتند که تبدیل رادیم به رادون (عنصری گازی شکل و رادیو ـ اکتیویته) همراه با آزاد شدن گاز هلیوم که درآن زمان شناخته شده بود می‌باشد. کار دانشمندان انگلیسی اساس تئوری تبدیلات رادیواکتیوی عناصر را بنا نهاد. (در حقیقت خود رادیم نیز حاصل تغییرات رادیو ـ اکتیوی در اورانیم می‌باشد و به‌همین دلیل است که برای اولین‌بار در هنگام مطالعهٔ مواد معدنی اورانیم به‌وجود آن پی برده شد.)

بنابراین یک عنصر خود به‌خود تبدیل به‌عنصر دیگری می‌شود. آیا این بدان معنی نیست که ایدهٔ کیمیاگران قرون وسطی در تبدیل فلزات پایه به طلا ایدهٔ آنچنان بدی هم نبوده است؟ در حقیقت به طور اصولی ایدهٔ بدی نبوده است. اما قرنها گذشت تا بزرگترین مغزهای

(شکل ۷۶)

بشری توانستند ثابت کنند که یک چنین معجزاتی امکان‌پذیر است ولی قبل از آن بشریت بدون اطلاع ، از آن بهره می‌برده است .

مطالعات رادیم در فرانسه مسیری دیگر در پیش گرفت . این عنصر در آنجا مورد توجه پزشکان قرار گرفت . اما قبل از آن کشف گردید که رادیم می‌تواند در بدن ایجاد سوختگی نماید . برای نشان دادن این خاصیت پیر کوری بازوی خود را به‌مدت چند ساعت در معرض تشعشعات رادیم قرار داد تا اینکه ابتدا پوست بدنش قرمز شده و سپس زخمی در آن نمایان شد که بیش از دو ماه طول کشید تا بهبود یابد . هنری بکرل (Henry Becquerel) نیز توسط رادیم سوخت ، اما نه داوطلبانه . او که مدتی یک لوله آزمایش محتوی رادیم را در جیب جلیقهٔ خود حمل می‌کرد ناگهان احساس درد شدیدی نمود . وقتی که موضوع را به‌پیر

کوری گفت، کوری جواب داد که: "من عاشق رادیم هستم اما دلِ خوشی از آن ندارم."

پیر کوری همگام با پزشکان پاریس آزمایشات متعددی روی حیوانات انجام داد و نتایج حیرت‌انگیزی بدست آورد. رادیم سلولهای بدخیم را نابود کرده و سرطان پوست را درمان کرد. علم طب همیشه در برابر این بیماری عاجز بوده است. بزودی اغلب بیماران براساس تجارب شخصی قدرت معجزه‌آسای رادیوتراپی را دریافتند.

کوری‌ها در مراحل ابتدائی جهت مداوای سرطان، لوله‌های آزمایش محتوی گاز رادیو اکتیو شده را دراختیار پزشکان می‌گذاشتند ولی بعد از مدتی کوتاه آزمایشگاه آنان نتوانست تقاضای روزافزون پزشکان را جوابگو باشد.

خواص درمانی رادیم توجه صاحبان صنایع را نیز برانگیخت. کوری‌ها نامه‌ای از آمریکا دریافت کردند که طی آن به‌اطلاع آنان رسید که جهت ساختن یک کارخانه تولید رادیم در بوفالو نقشه‌هائی در دست اجراست و در آن نامه در مورد خصوصیات تولید رادیم سئوال شده بود. البته کوری‌ها می‌توانستند روش تولید خود را ثبت کرده و تمام حقوق و امتیاز تولید صنعتی رادیم را به‌خود اختصاص دهند. آنها می‌توانستند سودهای قابل توجهی بدست آورند و به‌پول نیز احتیاج داشتند. اما از آنجا که‌دانشمندانی واقعی بودند معتقد نبودند که رادیم متعلق به‌آنان است. آنها طی نامه‌ای که به‌بوفالو فرستادند توضیحات جامعی در مورد روش جداسازی رادیم از سنگ معدن ارائه نمودند. آنها فقط از این امر خوشحال بودند که بزودی تعداد بیشتری از مردم قادر خواهند بود از مزایای اشعه‌های معجزه‌آسا بهره‌مند شوند.

در اروپا نیز کارخانه‌ای جهت تولید رادیم برای مصارف پزشکی توسط یک سرمایه‌دار فرانسوی به‌نام *Lille* که شخصی تحصیلکرده نیز

بود ، ساخته شد ، وی حتی اقدام به‌چاپ مجله‌ای به‌نام رادیم نمود که تماما " به‌تحقیقات و مطالعهٔ رادیو اکتیویته اختصاص داشت .

اما تمام این پیشرفتها وقایعی را به‌دنبال داشت که نقش مهمی در زندگی ماری و پیر ایفا کرد. سال ۱۹۰۳ از بسیاری جنبه‌ها نقطه عطف بشمار می‌رفت. در ماه ژوئن ماری به‌دفاع از تز دکترای خود پرداخت و مدتی بعد انجمن سلطنتی لندن برای دادن گزارش دربارهٔ رادیم از پیر دعوت به‌عمل آورد . کوری‌ها با ورود به‌لندن مورد استقبال شایان توجهی قرار گرفتند. در بین مشتاقان ملاقات با آنان لرد کلوین (*Lord Kelvin*) نیز بود . لرد کلوین دانشمند معروف به دوستی این فیزیکدان برجستهٔ فرانسوی مباهات می‌کرد . کوری یک لوله شیشه‌ای محتوی رادیم به‌او هدیه کرد . این دانشمند بزرگ که تحت تاثیر قرار گرفته بود از نشان‌دادن این هدیهٔ ارزشمند به‌همکاران و دوستان خود خسته نمی‌شد .

تمام شخصیتهای علمی سرشناس انگلیسی در هنگام گزارش پیر کوری در مورد قابلیتهای رادیم حضور داشتند. نیروهای پنهان در عنصر باعث درخشیدن یک صفحه از آن که دز سولفات روی خیس خورده بود شدند . آنها روی صفحهٔ عکاسی که در کاغذ سیاهی پیچیده شده بود اثر گذاشتند . این‌نیرو از فاصلهٔ دور باعث تخلیهٔ یک الکتروسکوپ (برقنما) گردید و هوای اطراف آنرا گرم کرد .

موفقیتهای پیر از حد انتظار گذشته بود . "پروفسور و مادام کوری" مرکز توجه لندن اشرافی گردیدند . به‌افتخار آنان یک میهمانی مجلل شام برگزار شد و تمام اشخاص برجسته در آن شرکت جستند . زوج متواضع که به‌چنین موقعیتهایی عادت نداشتند در بین این جمعیت طبقه مرفه اجتماع احساس ناراحتی می‌کردند . ماری که حتی حلقه ازدواج نیز نداشت در برابر زنان زیبا با لباسهای فاخر و جواهرات شگفت‌انگیز

احساس خجالت می‌کرد. در یک لحظه ماری نگاهی مخفیانه به‌شوهرش کرد و متعجب شد از اینکه دید شوهرش مخفیانه مشغول نگاه کردن به جواهرات خانمها بود، کاری که از او بعید می‌نمود.

پیر بعدها می‌گوید: "من نمی‌دانستم چه کنم تا اینکه به‌فکر یک سرگرمی برای خود افتادم و آن شمردن تعداد آزمایشگاههائی بود که جواهرات بانوان حاضر در میهمانی می‌توانست بخرد و تا بعد از شام من در مورد تعداد آزمایشگاهها به‌عددی نجومی رسیدم."

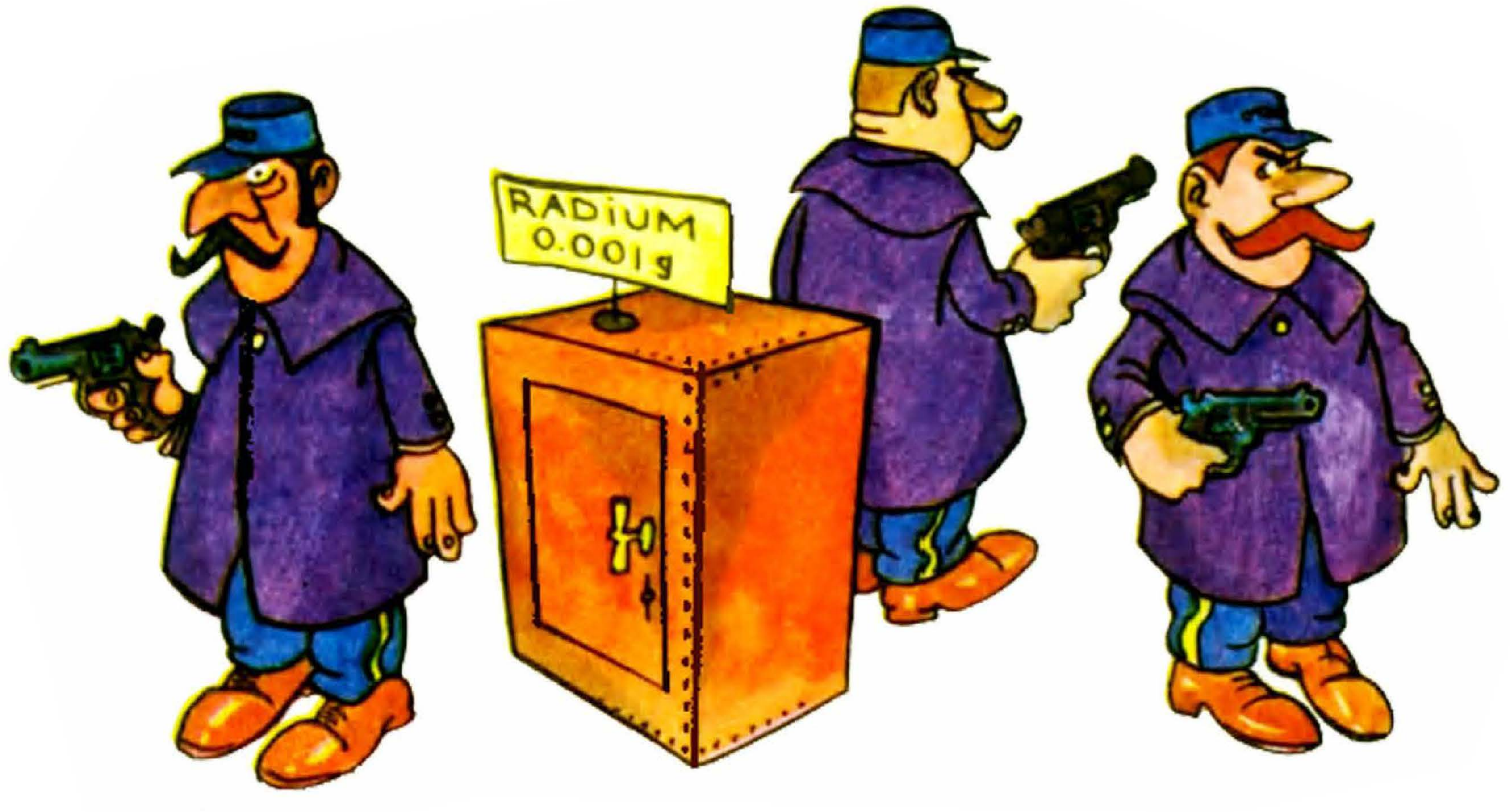
مدتی بعد انجمن سلطنتی لندن مدال طلای *Davy* را به‌پیر و ماری تقدیم کرد و در نوامبر همان سال (۱۹۰۳) همراه با هانری بکرل بالاترین جایزه‌ای را که یک دانشمند می‌توانست دریافت کند یعنی جایزه نوبل را دریافت کردند. ماری اولین زن در تاریخ بود که برندهٔ جایزهٔ نوبل گردید. (هشت سال بعد وی به‌خاطر کارها و خدماتش برای‌شیمی برای دومین بار برندهٔ‌جایزهٔ نوبل شد و به‌مدت بیش از ۵۰ سال تنها فردی بود که برندهٔ این جایزه شده بود).

کوری‌ها حالا دیگر هرچه را آرزو می‌کردند (اشتهار، تشخص و مهمتر از همه امکان کار در آزمایشگاههای پیشرفته) داشتند. اما خوشحالی آنها دیری نپائید. در سال ۱۹۰۶ پیر کوری در تصادف با یک درشکه کشته شد. ماری به‌منظور تسکین اندوه حاصله مشغول کار و ادامه کارهای شوهرش شد.

در سال ۱۹۱۰ ماری همراه با آندره دُبیرنی (*André-Debierne*) که یکی از دوستان قدیمی‌اش بود موفق شد برای اولین‌بار در تاریخ، رادیم خالص بدست آورد و این موفقیت علمی برجسته و شایان توجهی بود. (رادیم تولید شده تا آن‌زمان به‌صورت کلرور یا برمور رادیم بود که در آزمایشگاهها و کارخانه‌ها به‌دست می‌آمد).

جداسازی رادیم یکی از پیچیده‌ترین عملیات در شیمی می‌باشد.

برای بدست آوردن یک گرم رادیم لازم است دهها تن سنگ معدن اورانیم (یک تن فقط کسری از یک گرم رادیم دارد) و در حدود ۵۰۰ تن مواد مختلف کاتالیزور، ۱۰۰۰۰ تن زغال سنگ و به‌همین اندازه آب مقطر مورد استفاده قرار گیرد. پس جای تعجب نیست که در سال ۱۹۱۲ یک گرم از رادیم فلزی که ظاهرا" فرقی با فلزات دیگر ندارد حدود ۵۰۰ر۰۰۰ روبل طلا ارزش داشت. هیچ ماده دیگری هرگز این ارزش را نداشته است. در اینجاست که اگر بگوئیم رادیم به‌اندازهٔ طلای هم‌وزنش ارزش دارد، اشتباه نکرده‌ایم.



(شکل ۷۷)

در سال ۱۹۱۴ یکی از رویاهای کوری‌ها به‌تحقق پیوست و آن تکمیل ساختمان انستیتو رادیم در خیابان پیر کوری فرانسه بود. به‌نظر می‌رسید که حالا دیگر ماری شانس ادامه کار برای زندگی شخصی‌اش را دارد، اما او چنین فکر نمی‌کرد.

جنگ اول جهانی شروع شد و او فکر می‌کرد که حق ندارد در آرامش لابراتوار خود کار کند در حالیکه آتش و مرگ همه‌جا را فرا گرفته است. همین اعتقاد راسخ وی باعث شد که با خود فکر کند که بایستی در عمق وقایع قرار گیرد.

ماری کوری با همان شور و انرژی که به‌هنگام آزمایش صدها تن مواد بکار بسته و از خود نشان داده بود، تصمیم گرفت که یکی از مسائل مشکل زمان جنگ را حل نماید و آن سازماندهی تجهیزات رادیولوژی جهت مجروحان در بیمارستانها و صحنه‌های نبرد بود. او با پول اهدائی از طرف اتحادیهٔ زنان فرانسوی اولین "اتومبیل رادیولوژی" سیار را ساخت و بعد نوبت به‌دومین و سپس سومین و بالاخره بیستمین اتومبیل رسید. اتومبیل‌ها در تمام خطوط مقدم جبهه در حرکت بودند و هرکجا که نبرد سختی در جریان بود توقف می‌کردند. خود ماری نیز از صبح تا شب مشغول معاینه مجروحین بود به‌طوریکه غذا خوردن را فراموش می‌کرد و هرکجا که می‌توانست (در اتاق پرستاران یا در چادر و یا در فضای باز) می‌خوابید.

وقتی صلح برقرار شد ماری به‌انستیتو رادیم بازگشت. او نقشه‌های جدیدی برای تحقیقات داشت و برای اینکار احتیاج به‌رادیم داشت و تمام آنچه که داشت کمی بیش از یک گرم بود.

در بهار سال ۱۹۲۰ یک روزنامه‌نگار مشهور آمریکائی به‌نام خانم ملونی Meloney به‌انستیتو رادیم رفت و با ماری کوری مصاحبه‌ای ترتیب داد. او از ماری پرسید اگر به‌شما پیشنهاد چیزی می‌شد از بین تمام چیزهائی که می‌خواستید کدام را انتخاب می‌کردید؟ ماری گفت: "من می‌خواهم یک گرم رادیم برای ادامه تحقیقاتم داشته باشم اما استطاعت خرید آنرا ندارم."

با تمام اشتیاقی که خانم ملونی جهت کمک به‌ماری داشت ولی

خود او نیز یکصد هزار دلار لازم را نداشت. اما یک طرح جسورانه به‌مغز خانم ملونی خطور کرد و آن اینکه هموطنانش یک گرم رادیـــم لازم را برای ماری بخرند. در نیویورک این روزنامه‌نگار باهوش و مبتکر فعالیت شدیدی را جهت تشکیل کمیته‌ای که تبلیغات وسیعی را در سطح کشور جهت جمع‌آوری پول برای ماری‌کوری شروع‌نماید، آغاز کرد. هنوز یکسال نگذشته بود که تلگرافی از نیویورک خبر جمع‌آوری پول برای رادیم را به‌اطلاع ماری رساند. ماری به‌واشنگتن رفت. در روزِ بیستم ماه مه سال ۱۹۲۱ پرزیدنت هاردینگ (*Harding*) ماری را به‌حضور پذیرفت تا رادیم را به‌وی هدیه کند. درواقع این هنوز خود فلز نبود بلکه صندوقچه‌ای سربی بود که‌جهت نگهداری لوله‌های محتوی رادیم بکار می‌رفت. به‌ماری گفته شد که رادیم در کارخانه‌ای واقع در پیتسبورگ (*Pittsburgh*) تولید شده و مستقیما" به‌فرانسه فرستاده خواهد شد. پرزیدنت یک طومار پیچیده شده که نوار سه‌رنگی بر آن بسته شده بود به ماری داد و یک روبان که کلید طلائی صندوقچه به‌آن بسته شده بود به گردن وی‌انداخت.

غروب روز مراسم خانم ملونی از ماری خواست که موافقت خود را با متن روی طومار که نوشته شده بود آمریکا این رادیم را به‌ماری هدیه کرده است موافقت کند، اما ماری با آن مخالفت ورزیده و گفت: "این متن باید عوض شود. آمریکا این رادیم را به‌من می‌دهد و باید همیشه متعلق به‌علم باشد و من تا زمانی که زنده‌ام از آن برای مقاصد علمی‌استفاده خواهم کرد و اگر متن عوض نشود بعد از مرگ من رادیم متعلـــق به‌دختران من خواهد بود ولی من نمی‌توانم این اجازه را بدهم و ترجیح می‌دهم آنرا به‌لابراتوارم بدهم." بنابراین متن طومار تعویض شد.

علاقه به‌رادیم در سراسر دنیا بسیار زیاد بود. حتی در زمان حیـات ماری کوری، انستیتوهای رادیم در ورشو و وین تاسیـس

گردید. در آغاز سال ۱۹۲۲ انستیتو رادیم پتروگراد به‌سرپرستی ورنادسکی شروع به‌کار نمود. ورنادسکی در جلسه‌ای در آکادمی علوم شوروی گفت: "خوشحالم به‌اطلاع آکادمی برسانم که امسال کارکنان انستیتو رادیم تحت‌نظر وی.جی خلوپین (V.G.Khlopin) موفق شدند که اولین نمونه‌های رادیم را از یک سنگ معدن روسی بدست آورند. سنگ معدن از معدن درهٔ Ferghana (فرقانا) واقع در ترکستان (ازبکستان فعلی) بدست آمده است. کار در حال انجام است، نه‌روی کاغذ بلکه به‌صورت واقعی، و امروز اولین رادیم روسی از سنگ معدن جدید و با روش جدید بدست آمده است."

تا سال ۱۹۱۶ فقط ۴۸ گرم رادیم در جهان تولید شده بود و تا سال ۱۹۲۷ این رقم به ۳۴۰ گرم رسید. حتی‌امروزه ذخیرهٔ جهانی این فلز به‌سختی بیش از سه‌کیلوگرم می‌باشد. این امریست طبیعی که آزمایشگاهها و مراکز پزشکی و صنعتی همه از ترکیبات رادیم استفاده می‌کنند نه از فلز خالص، چون ترکیبات ساده‌تر بدست آمده و بنابراین به‌طور غیرقابل قیاسی ارزانتر می‌باشند.

این عنصر به‌قدری قدرتمند است که حتی اضافه کردن ذره‌ای از نمکهای آن به‌رنگهای مخصوص و ماده‌های رنگی آنها را عملا" برای همیشه تابناک می‌سازد. از این رنگها برای نوک دگمه‌های دستگاههای هواپیما جهت قابل رویت شدن در تاریکی استفاده می‌شود.

این حقیقت جالب توجهی است که ایدهٔ استفاده از خاصیت شبرنگی رادیم برای اولین‌بار به‌ذهن یک رقاص معروف آمریکائی خطور کرد. لویی فولر وقتی که در روزنامه مطلبی دربارهٔ نورانی بودن رادیم خواند تصمیم گرفت که برای خود لباسی دارای بال درست کند که وقتی در روی صحنه ظاهر می‌شود بالها بدرخشند. او نامه‌ای به‌ماری کوری نوشت ولی‌ماری‌مجبوربود که وی را ناامید کند زیرا مقدار رادیمی که لازم

بود خطر بزرگی برای زندگی این رقاص محسوب می‌شد.

رادیم که به‌خواص شفادهندهٔ متحیر کننده‌اش مشهور است می‌تواند در صورت بالا رفتن غلظتش از حد مجاز کشنده نیز باشد. اما حد مجاز چیست؟ مقدار ۱۰ میلی‌گرم از آن در یک کیلومتر مکعب هوا. به‌همین دلیل است که در ضمن کار با این عنصر باید احتیاطات مجدانه‌ای به عمل آید، ونیز به‌همین علت است که اخیرا" اقدامات خاصی در جهت جایگزین کردن رادیم با مواد رادیو اکتیو مصنوعی ارزانتر و کم‌خطرتر در تمام زمینه‌های علمی و صنعتی صورت گرفته است.

در سال ۱۹۵۸ میهمانان نمایشگاه جهانی بروکسل متوجه دفتر یادداشت سیاه قلمکاری که در وحلهٔ اول به‌هیچوجه جالب به‌نظر نمی‌رسید شدند. آن دفتر یادداشت لابراتوار ماری و پیر کوری بود. در کنار آن یک دستگاه *Geiger* (تشعشع سنج) به‌یک بلندگو وصل شده بود و بدون حتی یک ثانیه توقف مشغول تیک‌تیک منظمی بود. این بدین معنی بود که دفتر یادداشت به‌طور دائم در حال تشعشع اشعهٔ رادیو اکتیو بود، زیرا بیش از ۵۰ سال پیش چند قطره از یک محلول حاوی نمک رادیم تصادفا" روی آن چکیده بود.

آنهائی که دفتر یادداشت را نگهداری کردند مدتهاست مرده‌اند. صفحات آن زرد و در اثر مرور زمان پوسیده‌اند اما تیک تیک ادامه دارد.

قرنها طول خواهد کشید تا رادیمی که در یک آزمایشگاه در پاریس به‌آن حیات بخشیده شد از صفحه روزگار محو گردد. اما حتی زمان نخواهد توانست خاطرهٔ دو انسان قابل تحسین را که یکی از بزرگترین کشفیات تاریخ را انجام دادند، پاک نماید.

پایان

خوانندگان گرامی

بنگاه نشریات «میر» خواهشمند است نظریات خود را در بارهٔ این کتاب و ترجمه و چاپ آن و نیز سایر نظریات و پیشنهادهای خود را برای ما بفرستید.

بنگاه نشریات «میر» کتاب‌های علمی و برخی کتاب‌های دیگر را به بسیاری زبانهای جهان، از جمله به زبان فارسی، ترجمه و منتشر میکند.

شما میتوانید اطلاعات لازم درباره این کتاب‌ها را از راهنماهای کتابی که همه‌ساله از طرف بنگاه ما انتشار می‌یابد به دست آورید.

خواهشمند است نظریات و پیشنهادهای خود را به نشانیهای زیر بفرستید:

«میر»، پروی ریژسکی ۲،
مسکو، اتحاد شوروی.
«مژکنیگا» گ — ۲۰۰
مسکو، اتحاد شوروی

ادارهٔ بازرگانی خارجی سراسر شوروی «مژدونارودنایا کنیگا».

ИЗДАТЕЛЬСТВО • МИР •

بنگاه نشریات «میر»